

**POLITEHNIKA PULA**  
**Visoka tehničko-poslovna škola**

Igor Rožman

**TEHNO EKONOMSKA ANALIZA MODERNIZACIJE  
RASVJETE NA VISOKO TEHNIČKO-POSLOVNOJ ŠKOLI U  
PULI**

Završni rad

Pula, studeni 2014.

**POLITEHNIKA PULA**  
**Visoka tehničko-poslovna škola**

**TEHNO EKONOMSKA ANALIZA MODERNIZACIJE  
RASVJETE NA VISOKO TEHNIČKO-POSLOVNOJ ŠKOLI U  
PULI**

Završni rad

Student: Igor Rožman

Studijski program: studij Politehnike

Smjer: Inženjerstvo proizvodnje

Mentor: mr.sc. Radovan Jokić

Pula, studeni 2014.

## **Sažetak**

U završnom radu izrađena je studija izvodljivosti radi iznalaženja optimalnog rješenja rasvjete Visoko tehničko-poslovne škole u Puli, te načina financiranja investicije putem Esco modela.

Svjetlo-tehnički proračun napravljen je za svaku prostoriju zasebno u zgradi Politehnike na adresi Riva 6. Posebna pažnja prilikom izrade svjetlo-tehničkog proračuna pridala se zadovoljavanju zahtijevanih uvjeta rasvijetljenosti prema normi HRN EN 12464-1:2008. Ekonomska analiza uzela je u obzir investicije i uporabne troškove, te rok povratka investicije. Rezultati studije izvodljivosti mogu poslužiti kao referentna odrednica prilikom donošenja odluke o održavanju sustava i realizacije potencijalnih mjera energetske učinkovitosti.

### **Ključne riječi:**

- rasvjeta,
- energetska učinkovitost,
- tehno-ekonomska analiza,
- svjetlo-tehnički proračun,
- ESCo model financiranja,
- investicijski troškovi,
- uporabni troškovi.

## **Abstract**

In the Final Work a feasibility study for finding the optimal solution for the lighting system of the Higher Technical Business School in Pula was carried out, as well as a way of financing the investment by the Esco model.

The light-technical budget for each individual area of the Polytechnic building located at the address Riva 6 was determined. Special attention was paid in the course of preparing the light-technical budget to satisfying the demanding conditions of norm HRN EN 12464-1:2008. An economic analysis took into consideration investment and operating costs, as well as term for return of investment. Results of the feasibility study may be used as a reference level from which to bring decisions on system maintenance and implementing potential energy-saving measures.

### **Key words:**

- lighting system
- energy efficiency
- technical-economic analysis
- light-technical budget
- EScO financing model
- investment expenses
- operating costs

## Sadržaj

Sažetak .....	
Abstract .....	
POPIS SLIKA .....	
POPIS TABLICA .....	
POPIS GRAFIKONA .....	
1 UVOD.....	1
1.1 Opis problema rada.....	2
1.2 Cilj i svrha rada .....	2
1.3 Hipoteza rada .....	2
1.4 Metode istraživanja .....	2
1.5 Struktura rada .....	3
2 SVJETLOSNE KARAKTERISTIKE.....	4
2.1 Jakost svjetlosti .....	4
2.2 Svjetlosni tok.....	5
2.3 Iluminacija (rasvjetljenost) .....	5
2.4 Luminacija .....	6
2.5 Tipične vrijednosti rasvjetljenja .....	6
3 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE.....	8
3.1 Svjetlo-tehnički elementi.....	8
3.1.2 Reflektor.....	9
3.1.4 Refraktor .....	10
3.1.5 Difuzor.....	10
3.1.7 Raster .....	11
3.2 Mehanički elementi.....	11
3.3 Elektrotehnički elementi.....	12
3.4 Izvor svjetlosti.....	12
4 STUDIJA IZVODLJIVOSTI .....	13
4.1 Projektni zadatak.....	13
4.2 Sustav električne rasvjete – postojeće stanje .....	14
4.2.1 Pregled rasvjetnih tijela .....	16
4.2.2 Energetska bilanca postojeće rasvjete .....	18
4.3 Sustav nove energetske učinkovite rasvjete.....	19
4.3.1 Pregled novih rasvjetnih tijela.....	20
4.3.2 Energetska bilanca novog sustava .....	21

4.4	Energetska analiza.....	22
4.4.1	Usporedba rasvjetnih tijela .....	22
4.4.2	Usporedba instalirane snage.....	23
4.4.3	Usporedba godišnje potrebe za energijom .....	24
4.4.4	Usporedba godišnje emisije CO <sub>2</sub> .....	25
4.5	Svjetlo-tehnički proračuni .....	26
4.5.1	Velika predavaona .....	27
4.5.2	Ured dekana.....	29
4.5.3	Sala za sastanke.....	31
5	TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA.....	33
5.1.1	Investicija rasvjete zgrade .....	33
6	MOGUĆNOSTI FINANCIRANJA.....	35
6.1	Ugovor o energetsom učinku .....	36
6.1.1	Ugovor s garantiranim uštedama.....	37
6.1.2	Ugovor s dijeljenim uštedama .....	37
6.1.3	Chauffage ugovor.....	37
6.2	ESCo u praksi .....	38
7	ZAKLJUČAK .....	39
8	LITERATURA.....	40
	PRILOZI .....	41
	Prilog A.....	41
	<i>Schedra KU 224 – tehnički list</i> .....	41
	Prilog B.....	42
	<i>Schedra KN 214 – tehnički list</i> .....	42
	Prilog C .....	43
	<i>Schedra B428 – tehnički list</i> .....	43
	Prilog D .....	44
	<i>Schedra KL 228 – tehnički list</i> .....	44
	Prilog E.....	45
	<i>Schedra G149 – tehnički list</i> .....	45
	Prilog F.....	46
	<i>Schedra KU224 – tehnički list</i> .....	46

## POPIS SLIKA

Slika 1 Jakost svjetlosti (izvor: schtedra) .....	4
Slika 2 Svjetlosni tok (izvor: schtedra) .....	5
Slika 3 Rasvjetljenost (izvor: schtedra) .....	5
Slika 4 Luminancija (izvor: schtedra).....	6
Slika 5 Tipične vrijednosti rasvjetljenja (izvor: schtedra) .....	7
Slika 6 Vrste reflektora (izvor:schtedra) .....	9
Slika 7 Vrste refraktora (Izvor: schtedra) .....	10
Slika 8 Vrste difuzora (izvor: schtedra) .....	10
Slika 9 Vrste rastera (izvor: schtedra) .....	11
Slika 10 Prikaz mehaničkih elemenata (izvor:schtedra) .....	11
Slika 11 Prikaz izvora svjetlosti (izvor: schtedra) .....	12
Slika 12 Situacija (izvor: Google Maps) .....	13
Slika 13 Situacija prizemlje.....	14
Slika 14 Situacija I kat.....	15
Slika 16 Tlocrt prostorije sa prikazom jačine rasvjetljenosti (izradio: autor).....	27
Slika 17 3D model prostorije sa prikazom rasvjetljenosti (izradio: autor) .....	28
Slika 18 Tlocrt prostorije sa prikazom jačine rasvjetljenosti (izradio: autor).....	29
Slika 19 3D model prostorije sa prikazom rasvjetljenosti (izradio: autor) .....	30
Slika 20 Tlocrt prostorije sa prikazom jačine rasvjetljenosti (izradio: autor).....	31
Slika 21 3D model prostorije sa prikazom rasvjetljenosti (izradio: autor) .....	32
Slika 23 Tijek ESCo projekta (izradio: autor) .....	38

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Tipične vrijednosti rasvjetljenja ( izvor: schtedra) .....	6
Tablica 2 Lista potrošača električne rasvjete (izradio: autor) .....	16
Tablica 3 Tipovi rasvjete (izradio: autor) .....	17
Tablica 4 Ukupna potrošnja energije za postojeću rasvjetu (izradio: autor) .....	18
Tablica 5 Lista potrošača električne energije (izradio:autor) .....	20
Tablica 6 Tipovi nove rasvjete (izradio:autor) .....	21
Tablica 7 Ukupna instalirana snaga nove rasvjete (izradio: autor) .....	21
Tablica 8 Prikaz godišnje potrebe za energijom (izradio : autor) .....	24
Tablica 9 Prikaz godišnjeg ispuštanja emisije CO2 .....	25
Tablica 10 Rasvjeta korištena u modeliranju prostorije (izradio: autor) .....	27
Tablica 11 Rasvjeta korištena u modeliranju prostorije (izradio: autor) .....	29
Tablica 12 Rasvjeta korištena u modeliranju prostorije (izradio: autor) .....	31
Tablica 13 Cijena investicije (izradio: autor) .....	33
Tablica 14 Usporedba godišnjeg troška sustava rasvjete (izradio: autor) .....	33
Tablica 15 Financijska analiza i prikaz povrata investicije (izradio: autor) .....	34

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Instalirana snaga postojeće rasvjete (izradio: autor) .....	18
Grafikon 2 Ukupna potrošnja energije za postojeću rasvjetu (izradio: autor) .....	18
Grafikon 3 Udio tipa rasvjete u ukupnoj instaliranoj snazi (izradio: autor) .....	21
Grafikon 4 Ukupna potrošnja energije za novu rasvjetu (izradio: autor) .....	22
Grafikon 5 Prikaz usporedbe broja rasvjetnih tijela (izradio: autor) .....	22
Grafikon 6 Prikaz usporedbe instalirane snage - po rasvjetnom tijelu (izradio: autor) .....	23
Grafikon 7 Usporedba ukupne instalirane snage (izradio: autor) .....	23
Grafikon 8 Usporedba godišnje potrošnje električne energije za rasvjetu (izradio: autor) .....	24
Grafikon 9 Usporedba godišnjeg financijskog troška (izradio: autor) .....	34



## 1 UVOD

Budući je čovjekova okolina vizualni svijet, čovjek prvenstveno skuplja informacije vidom te je oko njegovo najvažnije čulo i dobiva oko 80% svih informacija koje čovjek prima. Bez svjetla, primanje tih informacija ne bi bilo moguće.

Svjetlo ne omogućava samo da vidimo, već i utječe na raspoloženje i osjećaje. Osvijetljenost, boje, utjecaj sjene te promjena jačine svjetla znatno utječu na trenutne osjećaje i određuju ritam života. Nedostatak ili potpuni izostanak svjetla stvara osjećaj nesigurnosti (nedostatak informacija).

Zadnjih dvadesetak godina razvoj umjetnih izvora svjetlosti i svjetiljki izuzetno je dinamičan, te isti uključuje najnovije tehnologije, nove optičke sisteme, nove materijale, a sve kako bi se zaštitilo zdravlje ljudi, te povećala zaštita okoliša.

Prosječni Europljanin provede oko 90% svog vremena u zatvorenom prostoru, pa je iz tog razloga umjetan izvor svjetlosti od izuzetne važnosti.

Sve što se želi vidjeti mora biti osvijetljeno, budući je sama svjetlost nevidljiva.

Neprikladan spektar (boja) umjetne svjetlosti može povećati učestalost glavobolje, iscrpljenost, stres i unutarnji nemir. Postoje dokumentirane potvrde da intenzivna svjetlost na radnim mjestima i u obrazovnim ustanovama može izazvati stanje stresa i učestalost grešaka pri radu.<sup>1</sup>

Bez obzira da li se radi o novo izgrađenim prostorima ili se preuređuju postojeći, bitno je na vrijeme odnosno dovoljno rano obratiti pozornost na rasvjetu. Moderna rasvjetna rješenja pridonose većem zadovoljstvu boravka u prostorima, postižu veću energetska učinkovitost i stvaraju rasvjetni ugođaj koji potiče opuštanje ili rad. Osim toga, mogu se uvesti razna poboljšanja bez većih građevinskih zahvata.

---

<sup>1</sup> DiLouie, 2006

## **1.1 Opis problema rada**

Visoko tehničko-poslovna škola u Puli<sup>2</sup> svoj rad trenutno obavlja u prostorima zgrade na adresi Pula, Riva 6. Prostorije zgrade s aspekta svjetlo-tehničkih normi ne zadovoljavaju propisane kriterije, te kao posljedica takve rasvjete javlja se:

- nemogućnost adekvatnog praćenja nastave,
- zamor prilikom obavljanja poslova zaposlenika,
- povećani financijski izdaci za električnu energiju.

## **1.2 Cilj i svrha rada**

Cilj rada je pomoću kvalitetne studije izvodljivosti prikazati prednosti koje proizlaze modernizacijom rasvjete, te kako implementirati moderniju rasvjetu bez dodatnih financijskih ulaganja.

## **1.3 Hipoteza rada**

Kvalitetnom i učinkovitom rasvjetom moguće je:

- smanjiti troškove električne energije,
- poboljšati radne uvjete,
- smanjiti ispuštanja štetnih plinova u atmosferu, te
- unaprijediti poslovanje organizacije.

## **1.4 Metode istraživanja**

Metode korištene prilikom izrade diplomskog rada su:

- deskriptivna (opisna),
- analitička,

---

<sup>2</sup> Visoko tehnička poslovna škola - u daljnjem tekstu Politehnika Pula

- matematička,
- sinteza i
- grafička metoda.

## **1.5 Struktura rada**

Struktura završnog rada sastoji se od sedam poglavlja. U prvom poglavlju govori se o važnosti i utjecaju umjetne rasvjete na čovjeka.

U drugom i trećem poglavlju pod naslovom „Svjetlosne karakteristike“ i „Tehničke karakteristike“ objašnjeni su pojmovi svjetlo-tehničkih karakteristika.

Četvrto poglavlje sastoji se od studije izvodljivosti u kojoj je napravljena usporedba postojećeg i novog stanja rasvjetnog sustava, te je izrađena svijetlo-tehnička analiza.

U petom poglavlju pod naslovom „Tehno-ekonomska analiza“ definirani su troškovi investicije te rok otplate investicije.

U šestom poglavlju pod naslovom „Mogućnosti financiranja“ razrađen je način financiranja putem ESCo modela.

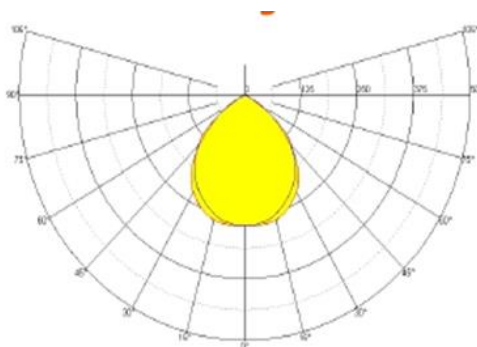
Spoznaje do kojih će se doći tijekom pisanja rada bit će predstavljene u sedmom zaključnom poglavlju rada.

## 2 SVJETLOSNE KARAKTERISTIKE

Svjetlosna karakteristika je krivulja koju dobivamo kada fotometrijsko tijelo prerežemo ravninom položenom kroz os izvora. Svjetlosna karakteristika pokazuje nam kako se svjetlost promatranog izvora raspodjeljuje po okolnom prostoru<sup>3</sup>. Svjetlosna je karakteristika osnova pri proračunavanju rasvjetljenosti.

### 2.1 Jakost svjetlosti

Intenzitet svjetla kojega daje neki izvor svjetla izražava se u kandelama [cd]. Ovo je osnovna jedinica količine svjetla. Nekada se kandelama izražavala količina svjetla proizašla iz plamena svijeće. SI sustav mjera definira kandelu kao svjetlosni intenzitet na danoj udaljenosti, za izvor monokromatske radijacije vala frekvencije  $540 \times 10^{12}$  Hz, a koji ima polarni intenzitet u tom smjeru  $1/683$  W/sr (Watt / steradian).

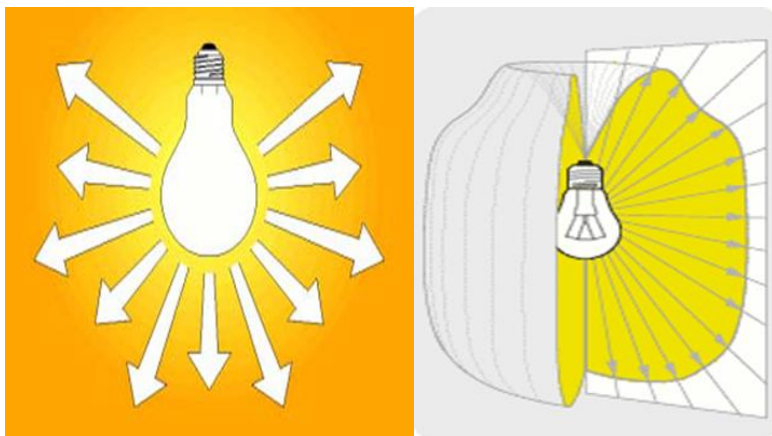


Slika 1 Jakost svjetlosti (izvor: schtedra)

<sup>3</sup> Preuzeto: Elektrotehnički fakultet Osijek

## 2.2 Svjetlosni tok

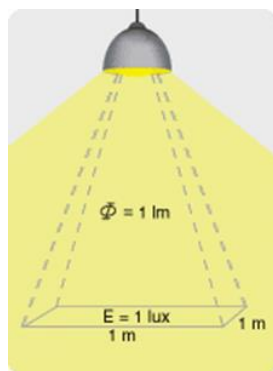
Točkasti izvor od jedne kandeke proizvodit će svjetlosni tok od 1 lumena kroz prostorni kut od jednog steradijana (kugla ima ukupnu površinu do  $4\pi$  steradijana). Stoga točkasti izvor od jedne kandeke ima ukupni svjetlosni tok od  $4\pi$  ili 12,57 lumena. Općenito se može reći da je lumen količina svjetla emitirana iz nekog izvora pri određenom intenzitetu.



Slika 2 Svjetlosni tok (izvor: schtedra)

## 2.3 Iluminacija (rasvjetljenost)

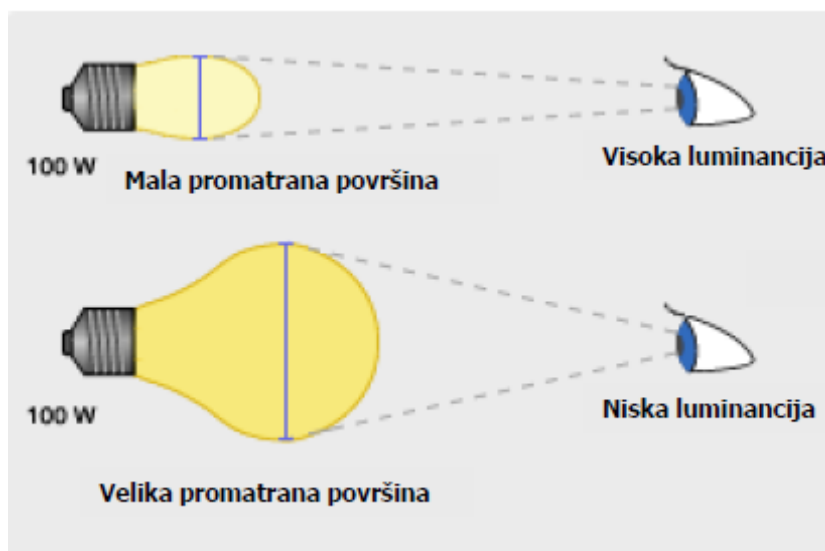
Razina iluminacije je definirana kao količina svjetla koja padne na određenu površinu. SI jedinica za iluminaciju jest lux (lx) što odgovara jednom lumen na kvadratni metar. Imperijalna mjera je fotocandela što odgovara jednoj kandelu po kvadratnoj stopi. Iluminacija se opisuje inverznim kvadratnim zakonom. Prema tom zakonu rasvjetljenost neke površine se smanjuje direktno proporcionalno kvadratu udaljenosti.



Slika 3 Rasvjetljenost (izvor: schtedra)

## 2.4 Luminancija

Svjetlina objekta ovisi o karakteristikama materijala od kojega je izgrađen (reflektivna svojstva). Budući svjetlina predstavlja odbijenu komponentu svjetla, objekt se u ovom slučaju ponaša kao novi izvor svjetla. Postoji izravni odnos između svjetline gledanog objekta i rezultatne rasvjetljenosti slike koja padne na rožnicu promatračevog oka. Jedinica za svjetlinu je kandela / m<sup>2</sup>.

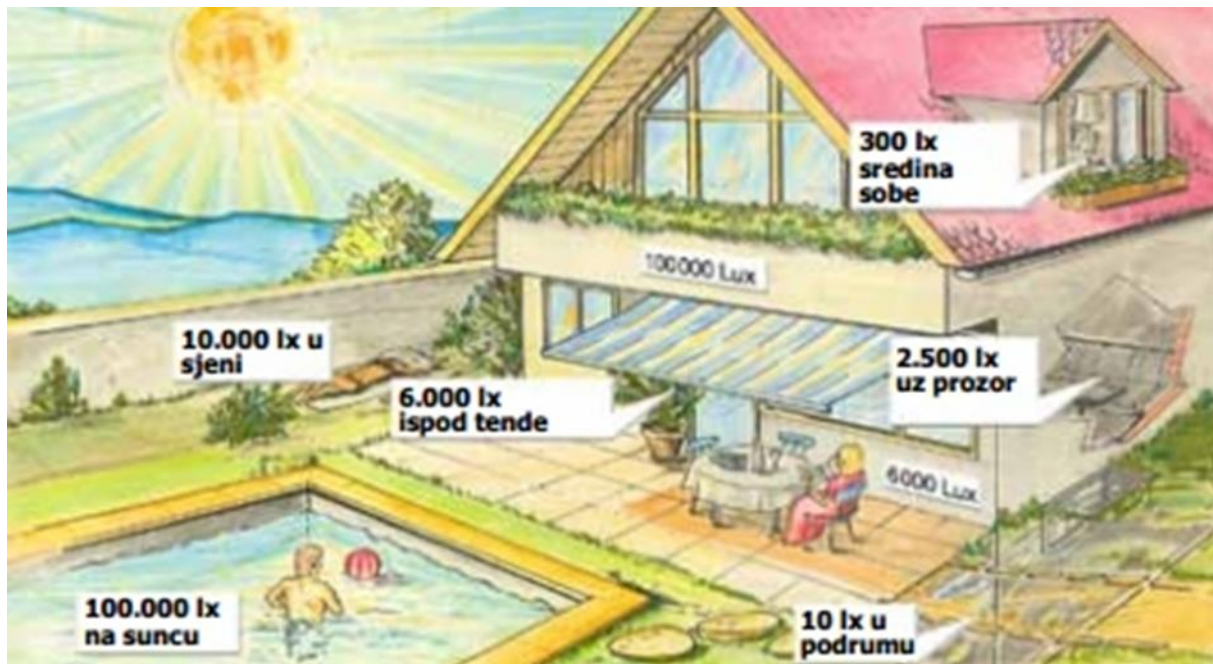


Slika 4 Luminancija (izvor: schtedra)

## 2.5 Tipične vrijednosti rasvjetljenja

Tablica 1 Tipične vrijednosti rasvjetljenja ( izvor: schtedra)

Primjer	Rasvjetljenost (lx)
Rasvjeta operacijskog stola	20.000 – 120.000
Sunčan ljetni dan	60.000 – 100.000
Oblačan ljetni dan	20.000
Oblačan zimski dan	3.000
Dobro rasvjetljeno radno mjesto	500 - 750
Pješačka zona	5 - 100
Noć s punim mjesecom	0,25



Slika 5 Tipične vrijednosti rasvjetljenja (izvor: schtedra)

Slika 5 prikazuje tipične vrijednosti rasvjetljenosti :

- za vrijeme sunčanog dana do 100.000 lx,
- u sjeni 10.000 lx,
- prosječna rasvjetljenost prostorija je oko 300 lx.

Prilagodljivost oka dozvoljava da vidimo u svim ovim uvjetima.

### **3 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE**

Svjetiljka je naprava koja služi za kontrolu, distribuciju, filtriranje i transformiranje svjetla koje proizvode izvori svjetla.

Svjetiljka se sastoji od:

- jednog ili više izvora svjetla,
- optičkih uređaja za distribuciju svjetla,
- grla za pozicioniranje i priključak izvora svjetlosti na napajanje,
- predspojnih naprava za pogon izvora svjetlosti (ako su potrebni) i
- mehaničkih elemenata za montažu i zaštitu.

Osnovni elementi svjetiljke su:

- svjetlo tehnički elementi,
- mehanički elementi i
- elektrotehnički elementi

#### **3.1 Svjetlo tehnički elementi**

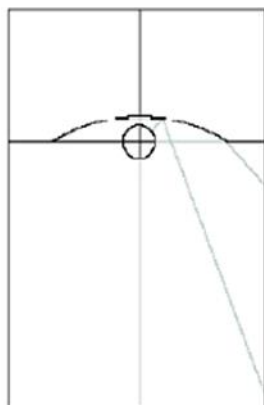
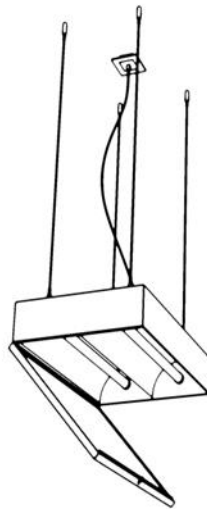
Svjetlo tehnički elementi sastoje se od:

- reflektora,
- refraktora,
- difuzora i
- rastera.

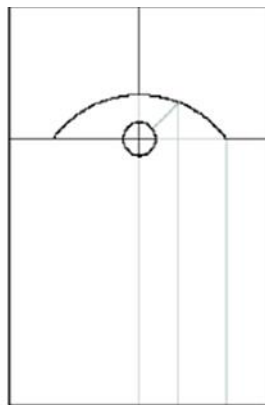


### 3.1.2 Reflektor

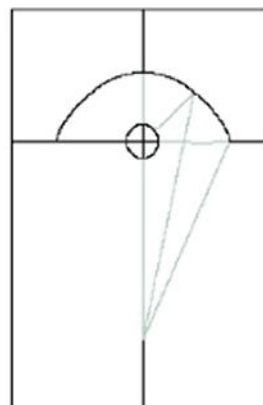
Reflektor je u većini slučajeva napravljen od metala ili plastike s visokim koeficijentom refleksije koji je oblikovan da na željeni način usmjerava svjetlo izvora svjetlosti.



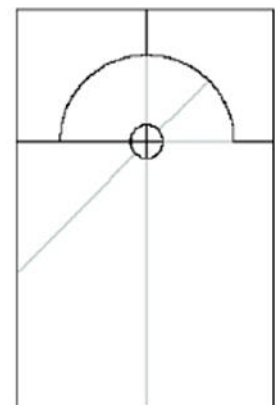
**Hiperbolni reflektor**



**Parabolni reflektor**



**Elipsoidni reflektor**

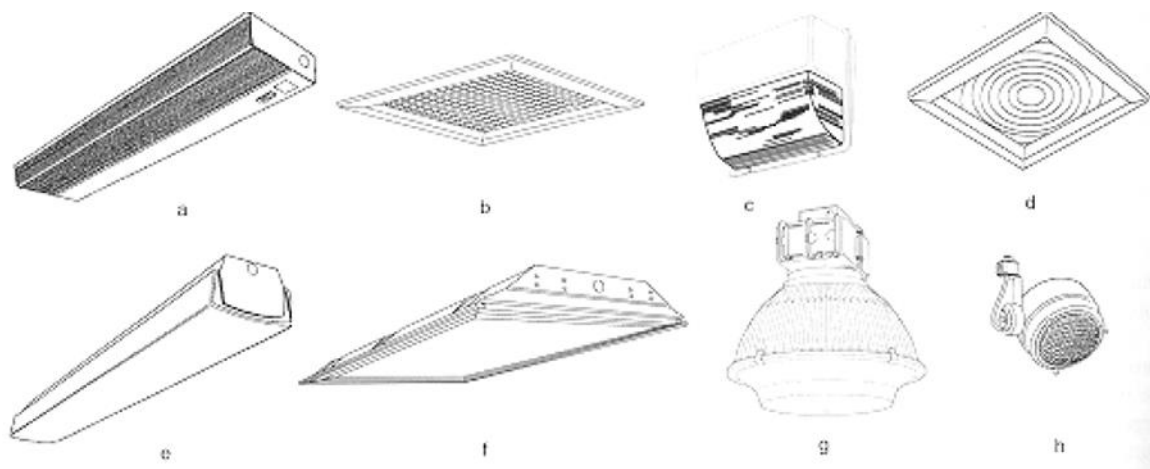


**Okrugli reflektor**

**Slika 6 Vrste reflektora (izvor:schedra)**

### 3.1.4 Refraktor

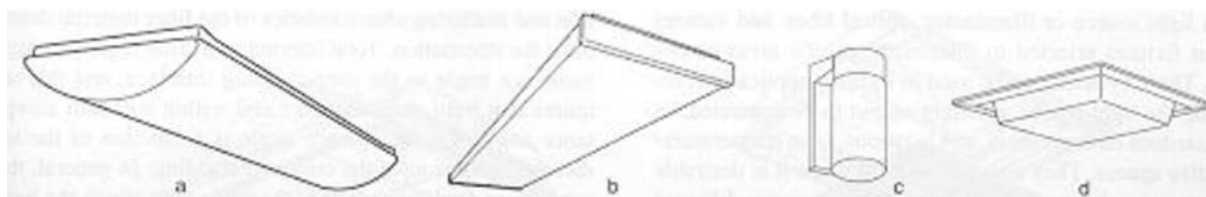
Refraktor je element za kontrolu koji koristi svojstvo da svjetlo mijenja smjer pri prelasku između dva materijala (npr. zrak-staklo ili zrak – plastika).



Slika 7 Vrste refraktora (Izvor: schtedra)

### 3.1.5 Difuzor

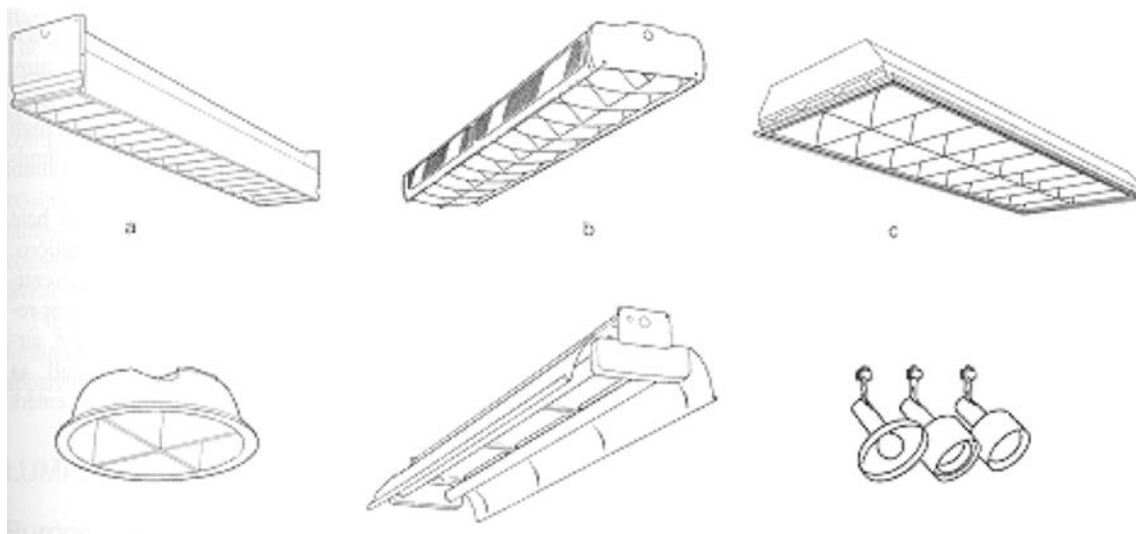
Difuzori raspršuju svjetlo u više smjerova i smanjuju luminanciju povećanjem površine iz koje svjetlo izlazi iz svjetiljke.



Slika 8 Vrste difuzora (izvor: schtedra)

### 3.1.7 Raster

Raster je element koji smanjuje ili otklanja direktan pogled prema izvoru svjetla u svjetiljci, a pored toga dodatno usmjerava svjetlost.

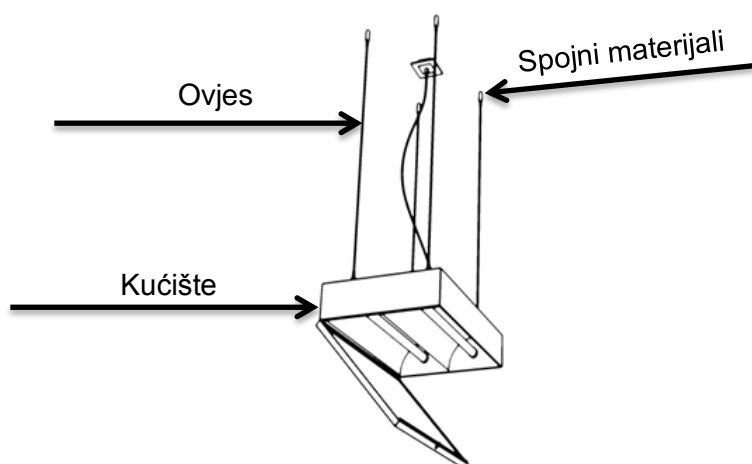


Slika 9 Vrste rastera (izvor: schtedra)

### 3.2 Mehanički elementi

Mehanički elementi sastoje se od:

- kućišta,
- ovjesa i
- spojnih materijala i pribora.



Slika 10 Prikaz mehaničkih elemenata (izvor:schtedra)

### 3.3 Elektrotehnički elementi

Elektrotehnički elementi služe za priključenje svjetiljke i izvora svjetlosti, međusobno povezivanje, nošenje i pogon izvora svjetlosti, korekciju faktora snage i zaštitu protiv radio smetnji (EMC).


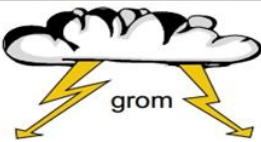







Sastoje se do:

- grla,
- vodiči unutarnjeg ožičenja,
- spojne i priključne stezaljke, uvodnice,
- prigušnice,
- transformatori,
- starteri,
- kondenzatori,
- priključne kutije, sklopke i sl.

### 3.4 Izvor svjetlosti

Izvore svjetlosti prvenstveno dijelimo prema načinu generiranja svjetlosti:

- principom termičkog zračenja (žarulje sa žarnom niti)
- principom luminiscencije ( žarulje na izboj).

	Termičko zračenje	Električno zračenje	Luminiscencija
<b>Prirodni izvori svjetla</b>	<p>sunce</p> 	 <p>grom</p>	<p>krijesnica</p> 
<b>Umjetni izvori svjetla</b>	<p>standardna žarulja</p>  <p>halogena žarulja</p> 	<p>živina žarulja metalhalogena žarulja natrijeva žarulja</p> 	<p>dioda</p> 
	<p>žarulja s mješanim svjetlom</p> 	<p>fluorescentne cijevi</p> 	

Slika 11 Prikaz izvora svjetlosti (izvor: schtedra)

## 4 STUDIJA IZVODLJIVOSTI

### 4.1 Projektni zadatak

Opći cilj projekta je doprinos mjerama energetske efikasnosti Politehnike Pula predlaganjem mjera modernizacije postojećeg sustava rasvjete u prostorima korisnika.

Specifični ciljevi projekta su:

- ostvariti rasvijetljenost svih prostora min. 20% bolju od postojeće, sukladnu HRN EN 12464-1:2008
- smanjenje potrošnje električne energije u odnosu na postojeću potrošnju
- smanjenje troškova održavanja sustava rasvjete

Predmet projekta su prostorije Politehnike Pula na adresi Riva 6 koje su za potrebe ovog projekta promatrane prema uvidu na terenu i usmenim informacijama dobivenim od naručitelja.



Slika 12 Situacija (izvor: Google Maps)

## 4.2 Sustav električne rasvjete – postojeće stanje

Postojećom rasvjetom zgrade se upravlja lokalno, prekidačima u svakoj prostoriji.

Temeljem izjava korisnika ocjenjuje se kako postojeće stanje rasvijetljenosti nije dostatno potrebama, te su troškovi održavanja znatni.

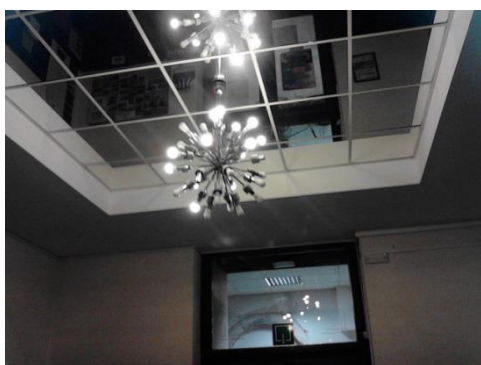
Mjerenja rasvijetljenosti po prostorijama nisu vršena.

Tijekom izvida na terenu izvršen je popis rasvjetnih tijela po prostorijama, te su obuhvaćena sva rasvjetna tijela.

Promatrani sustav postojeće rasvjete sastoji se od ukupno 160 svjetiljki sa izvorom svjetla kako slijedi:

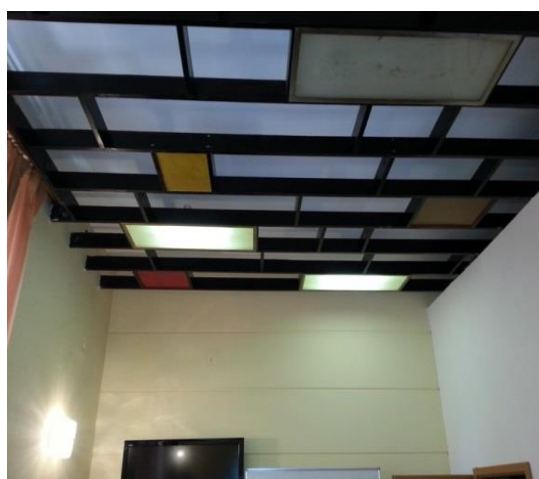
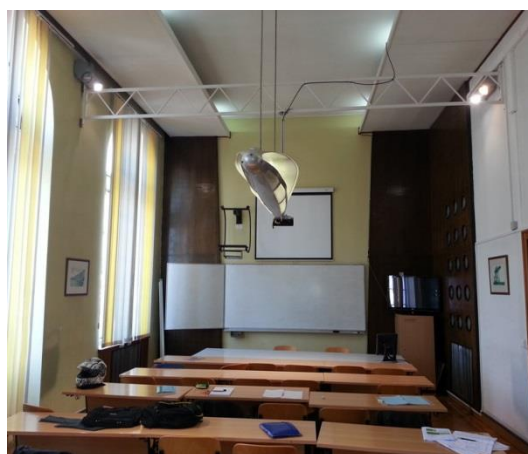
- žarulje sa žarnom niti – 11 kom
- halogene žarulje – 12 kom
- fluorescentne sa elektromagnetskom prigušnicom – 137 kom

Prizemlje



Slika 13 Situacija prizemlje

Kat I



Slika 14 Situacija I kat



#### 4.2.1 Pregled rasvjetnih tijela

Promatrani sustav postojeće rasvjete sastoji se od ukupno 160 svjetiljki sa izvorom svjetla.

**Tablica 2 Lista potrošača električne rasvjete (izradio: autor)**

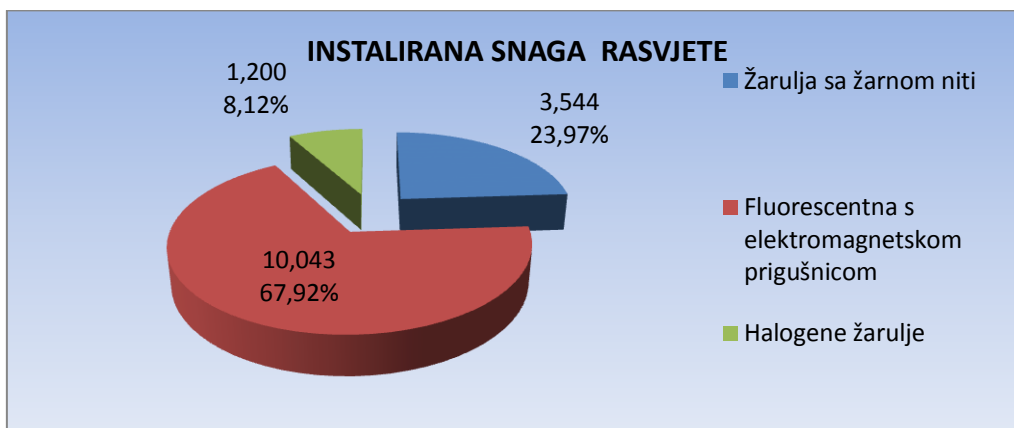
Lista potrošača električne rasvjete - POSTOJEĆE STANJE							
Prostorija	Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Broj izvora svjetla u armaturi	Snaga jedinice [W]	Ukupna snaga prigušnica [W]	Ukupni broj izvora svjetla	Ukupna snaga [kW]
<b>Prizemlje</b>							
Ulazni hodnik	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	6	2	18	60	12	0,276
Ulazni hol	Žarulja sa žarnom niti	1	30	60	0	30	1,800
Hodnik 1	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	3	4	18	60	12	0,276
Sastanci	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	6	4	18	120	24	0,552
Kabinet 1	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	2	4	18	40	8	0,184
Kabinet 2	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	2	4	18	40	8	0,184
Kabinet 3	Žarulja sa žarnom niti	2	4	18	0	8	0,144
Dekan	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	6	4	18	120	24	0,552
Kabinet 4	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	4	2	36	80	8	0,368
Skriptarnica	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	2	4	18	40	8	0,184
Hodnik 2	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	2	2	18	20	4	0,092
Hodnik 3	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	2	2	18	20	4	0,092
<b>1. KAT</b>							
Predavaonica 1 1. Kat	Žarulja sa žarnom niti	8	2	100	0	16	1,600
Predavaonica 1 1. Kat	Halogene žarulje	8	2	50	0	16	0,800
Predavaonica 1 1. Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	54	1	58	702	54	3,834



Predavaonica 3 / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	5	1	36	50	5	0,230
Referada / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	1	4	36	40	4	0,184
Predavaonica 2 / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	1	3	58	39	3	0,213
Predavaonica 2 / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	16	1	18	80	16	0,368
Predavaonica 2 / 1.Kat	Halogene žarulje	4	2	50	0	8	0,400
Hodnik / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	3	2	58	78	6	0,426
Hodnik / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	1	2	18	10	2	0,046
Copy / 1.Kat	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	1	2	58	26	2	0,142
<b>2. KAT</b>							
Infolab	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	8	4	18	160	32	0,736
Kabinet 1	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	6	4	18	120	24	0,552
Kabinet 2	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	4	4	18	80	16	0,368
Hodnik	Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	2	4	18	40	8	0,184
<b>UKUPNO:</b>		<b>160</b>			<b>2.025,00</b>	<b>362</b>	<b>14,787</b>

**Tablica 3 Tipovi rasvjete (izradio: autor)**

POSTOJEĆA RASVJETA		
Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Ukupna instalirana snaga [kW]
Žarulja sa žarnom niti	11	3,544
Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	137	10,043
Halogene žarulje	12	1,200
<b>UKUPNO:</b>	<b>160</b>	<b>14,787</b>



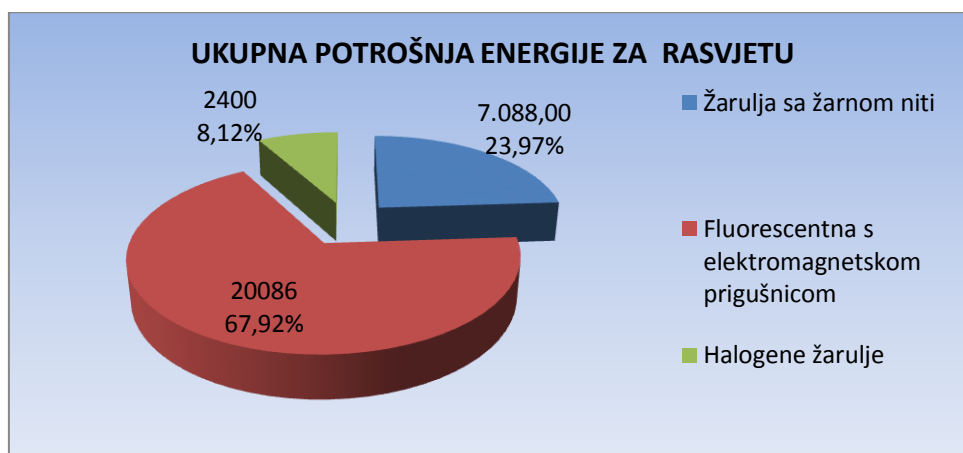
Grafikon 1 Instalirana snaga postojeće rasvjete (izradio: autor)

#### 4.2.2 Energetska bilanca postojeće rasvjete

Prema podacima dobivenim od naručitelja u donjoj tablici dana je procjena ukupne potrebne energije za rasvjetu.

Tablica 4 Ukupna potrošnja energije za postojeću rasvjetu (izradio: autor)

POSTOJEĆA RASVJETA				
Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Ukupna instalirana snaga [kW]	Ukupno radnih sati [h/god]	Ukupna potrošnja [kWh/god]
Žarulja sa žarnom niti	11	3,544	6.000,00	7.088,00
Fluorescentna s elektromagnetskom prigušnicom	137	10,043	44.000,00	20086
Halogene žarulje	12	1,200	4.000,00	2400
<b>UKUPNO:</b>	<b>160</b>	<b>14,787</b>		<b>29.574,00</b>










Grafikon 2 Ukupna potrošnja energije za postojeću rasvjetu (izradio: autor)

### 4.3 Sustav nove energetske učinkovite rasvjete

Pretpostavke prilikom razvoja projekta i tehničkog rješenja su:

- zadržavanje postojećeg sustava ožičenja
- zadržavanje postojećeg sustava kontrole i upravljanja rasvjete.

Radi različitih visina ugradnje, materijala stropova te rasporeda radnih mjesta, projekt se planira realizirati ugradnjom i instalacijom slijedećih proizvoda:

Model	Izgled
B 128	
KN 214	
KU 214	
KU 224	
KL 128	
KL 228	
G 149	

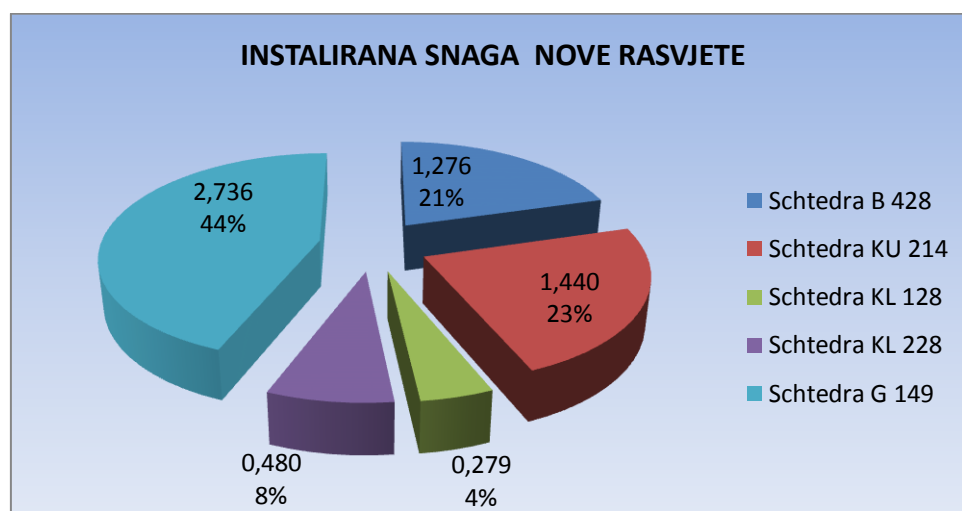
#### 4.3.1 Pregled novih rasvjetnih tijela

Tablica 5 Lista potrošača električne energije (izradio:autor)

Lista potrošača električne rasvjete – NOVA RASVJETA							
Prostorija	Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Broj izvora svjetla u armaturi	Snaga jedinice [W]	Ukupna snaga prigušnica [W]	Ukupni broj izvora svjetla	Ukupna snaga [kW]
<b>PRIZEMLJE</b>							
Ulazni hodnik	Schedra KU 214	6	2	14	4	12	0,192
Hodnik 1	Schedra KU 214	3	2	14	4	6	0,096
Sastanci	Schedra KU 214	6	2	14	4	12	0,192
Kabinet 1	Schedra KU 214	3	2	14	4	6	0,096
Kabinet 2	Schedra KU 214	3	2	14	4	6	0,096
Kabinet 3	Schedra KL 228	2	2	28	4	4	0,120
Dekan	Schedra KU 214	6	2	14	4	12	0,192
Kabinet 4	Schedra KL 128	4	1	28	3	4	0,124
Skriptarnica	Schedra KU 214	4	2	14	4	8	0,128
Hodnik 2	Schedra KU 214	2	2	14	4	4	0,064
Hodnik 3	Schedra KU 214	2	2	14	4	4	0,064
<b>1. KAT</b>							
Predavaonica 1 1. Kat	Schedra B 428	7	4	28	4	28	0,812
Predavaonica 1 1. Kat	Schedra G 149	48	1	49	8	48	2,736
Predavaonica 3 / 1.Kat	Schedra KU 214	4	2	14	4	8	0,128
Referada / 1.Kat	Schedra KL 228	2	2	28	4	4	0,120
Predavaonica 2 / 1.Kat	Schedra B 428	4	4	28	4	16	0,464
Hodnik / 1.Kat	Schedra KL 128	3	1	28	3	3	0,093
Hodnik / 1.Kat	Schedra KL 128	1	1	28	3	1	0,031
Copy / 1.Kat	Schedra KL 128	1	1	28	3	1	0,031
<b>2. KAT</b>							
Infolab	Schedra KL 228	2	2	28	4	4	0,120
Kabinet 1	Schedra KL 228	2	2	28	4	4	0,120
Kabinet 2	Schedra KU 214	4	2	14	4	8	0,128
Hodnik	Schedra KU 214	2	2	14	4	4	0,064
<b>UKUPNO:</b>		<b>121</b>			<b>92</b>	<b>207</b>	<b>6,211</b>

**Tablica 6 Tipovi nove rasvjete (izradio:autor)**

NOVA RASVJETA		
Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Ukupna instalirana snaga [kW]
Schedra B 428	11	1,276
Schedra KU 214	45	1,440
Schedra KL 128	9	0,279
Schedra KL 228	8	0,480
Schedra G 149	48	2,736
<b>UKUPNO:</b>	<b>121</b>	<b>6,211</b>

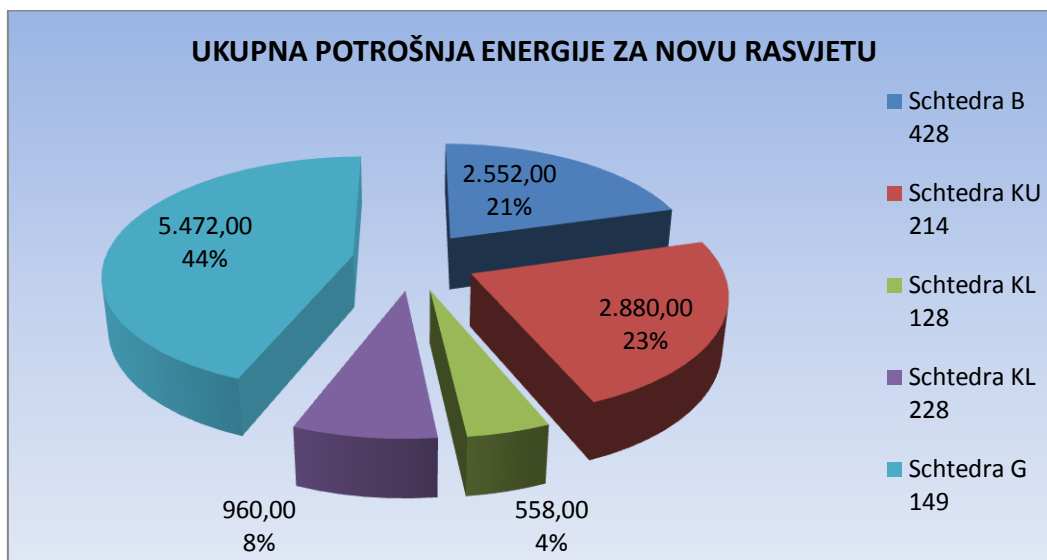


**Grafikon 3 Udio tipa rasvjete u ukupnoj instaliranoj snazi (izradio: autor)**

#### 4.3.2 Energetska bilanca novog sustava

**Tablica 7 Ukupna instalirana snaga nove rasvjete (izradio: autor)**

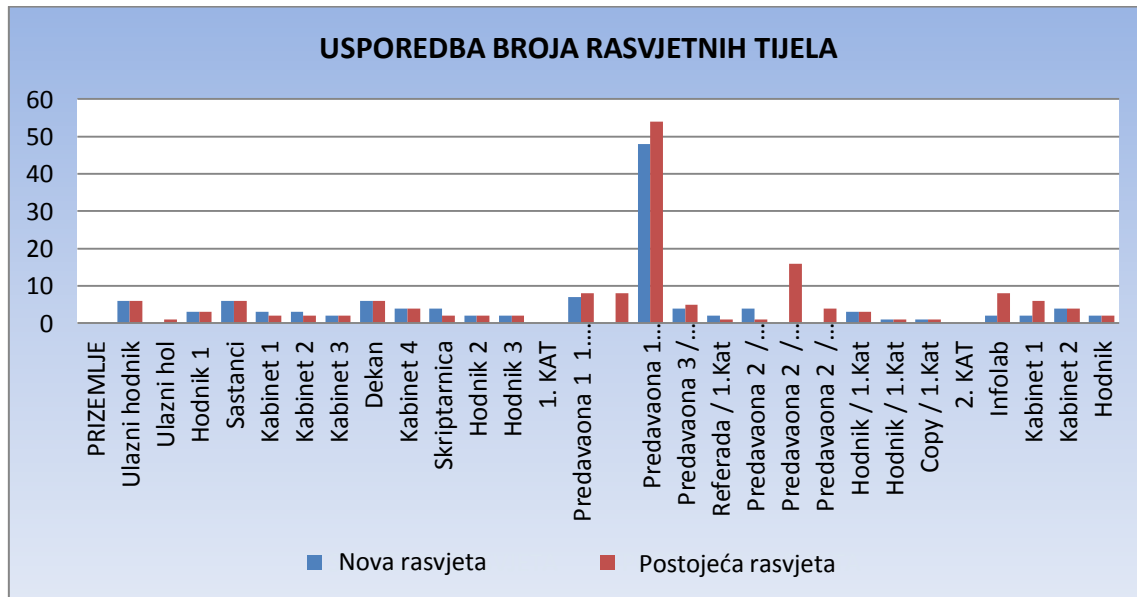
NOVA RASVJETA			
Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Ukupna instalirana snaga [kW]	Ukupna potrošnja [kWh/god]
Schedra B 428	11	1,276	2.552,00
Schedra KU 214	45	1,440	2.880,00
Schedra KL 128	9	0,279	558,00
Schedra KL 228	8	0,480	960,00
Schedra G 149	48	2,736	5.472,00
<b>UKUPNO:</b>	<b>121</b>	<b>6,211</b>	<b>12.422,00</b>



Grafikon 4 Ukupna potrošnja energije za novu rasvjetu (izradio: autor)

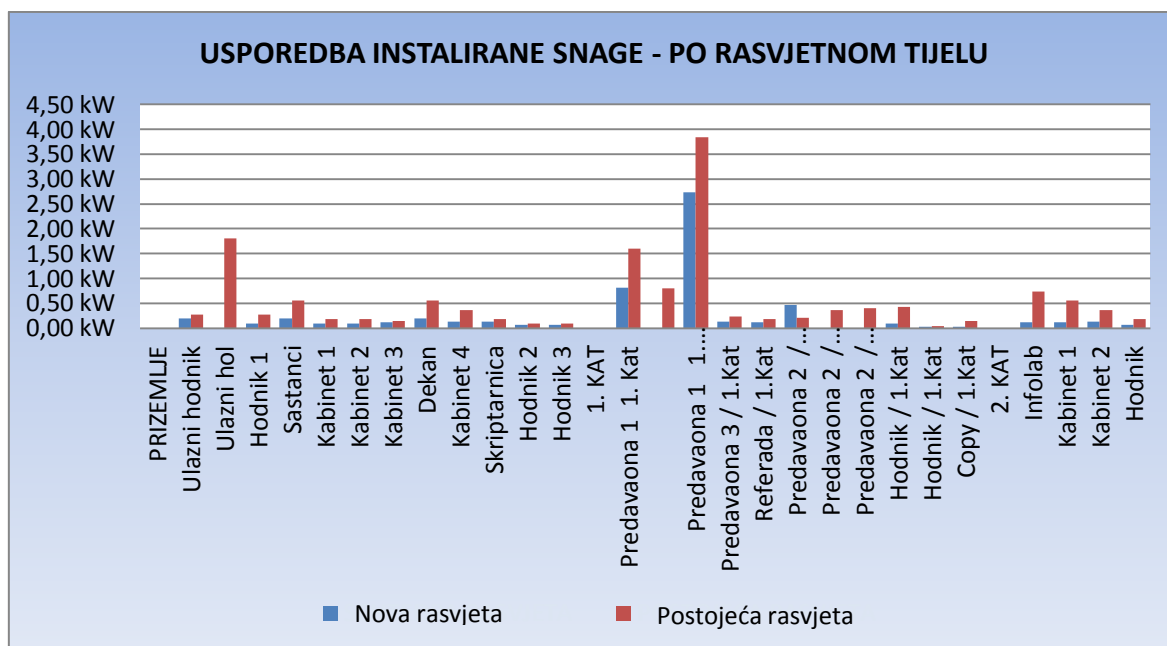
## 4.4 Energetska analiza

### 4.4.1 Usporedba rasvjetnih tijela

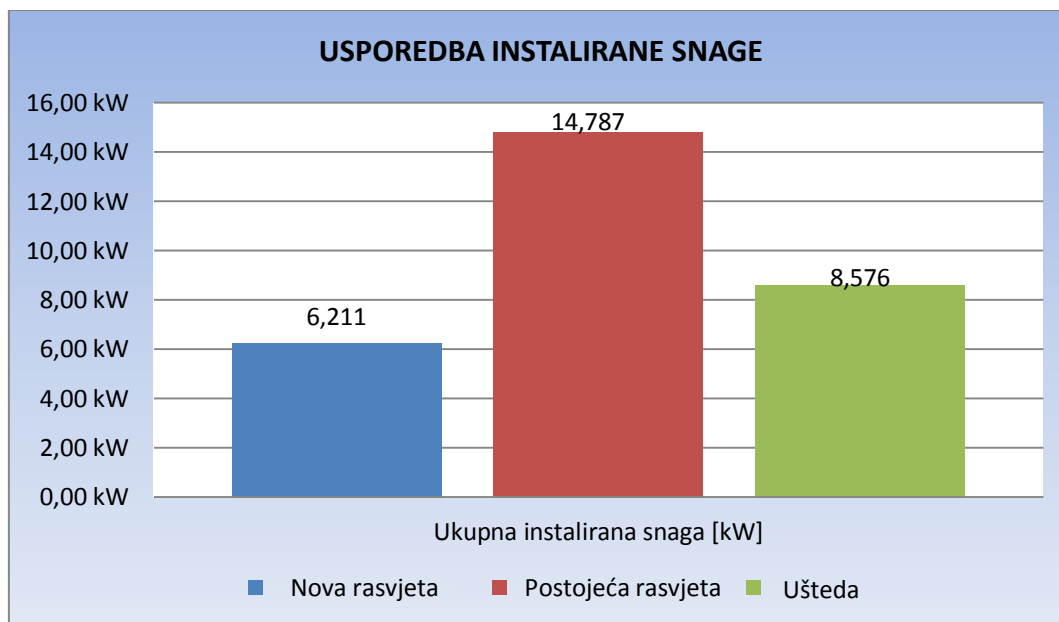


Grafikon 5 Prikaz usporedbe broja rasvjetnih tijela (izradio: autor)

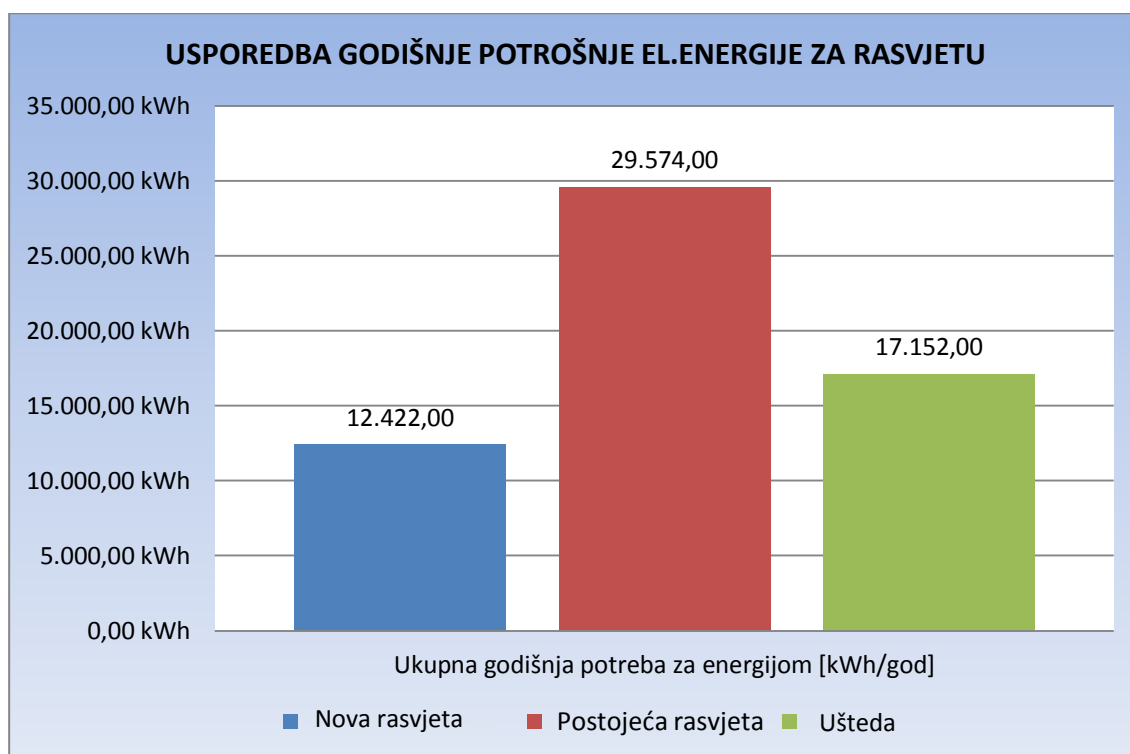
#### 4.4.2 Usporedba instalirane snage



Grafikon 6 Prikaz usporedbe instalirane snage - po rasvjetnom tijelu (izradio: autor)



Grafikon 7 Usporedba ukupne instalirane snage (izradio: autor)



**Grafikon 8 Usporedba godišnje potrošnje električne energije za rasvjetu (izradio: autor)**

#### 4.4.3 Usporedba godišnje potrebe za energijom

**Tablica 8 Prikaz godišnje potrebe za energijom (izradio : autor)**

Godišnja potreba za energijom				
	Ukupna instalirana snaga [kW]	Ukupno radnih sati [h/god]	Ukupna godišnja potreba za energijom [kWh/god]	Ušteda
Postojeća rasvjeta	14,787	2.000,00	29.574,000	
Nova rasvjeta	6,211	2.000,00	12.422,000	
<b>Ušteda</b>	<b>8,576</b>		<b>17.152,000</b>	<b>58,00%</b>

Tablica 8 prikazuje usporedbu instalirane snage postojeće rasvjete sa snagom nove tehnološki modernije rasvjete. Vidljivo je da se implementacijom nove tehnološki modernije rasvjete ostvaruje ušteda od 8,576 kW instalirane snage ili 58%.



#### 4.4.4 Usporedba godišnje emisije CO<sub>2</sub>

Ugljik-dioksid (CO<sub>2</sub>) je produkt sagorijevanja ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika te jedan od najvažnijih stakleničkih plinova.

Posljedica povećanja koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi je globalno zatopljenje.

Republika Hrvatska 2007 g. postala je punopravna članica Kyoto sporazuma, te se time obvezala na godišnje smanjenje ispuštanja emisija CO<sub>2</sub> za 0,2% do 2020 godine.

Zamjenom zastarjele rasvjete tehnološki boljom i modernijom smanjuje se ispuštanje emisija CO<sub>2</sub>.

Tablica 9 Prikaz godišnjeg ispuštanja emisije CO<sub>2</sub>

Godišnja emisija CO <sub>2</sub>				
	Ukupna godišnja potreba za energijom [kWh/god]	Emisija CO <sub>2</sub> [g/kWh]	Ukupna godišnja emisija CO <sub>2</sub> [toe]	Godišnje smanjenje emisije CO <sub>2</sub> [toe/a]
Postojeća rasvjeta	29.574,000	0,376	11,120	
Nova rasvjeta	12.422,000	0,376	4,671	<b>6,45</b>

Implementacijom nove tehnološki modernije rasvjete ostvaruje se godišnje smanjenje emisije CO<sub>2</sub> za 6,45 tona.

## 4.5 Svjetlo-tehnički proračuni

Svjetlo-tehnički proračun izvršen je programskim alatom Relux koji se koristi za modeliranje interijera i eksterijera te za proračun rasvjete modeliranog prostora.

Programski paket Relux sadrži:

- bazu svjetiljki različitih proizvođača,
- modeliranje prostora,
- vizualizaciju prostora sa objektima,
- alfanumerički i grafički prikaz rezultata.

Svjetlo-tehnički proračun izrađen je za sve prostorije zgrade Politehnike Pula na adresi Riva 6.

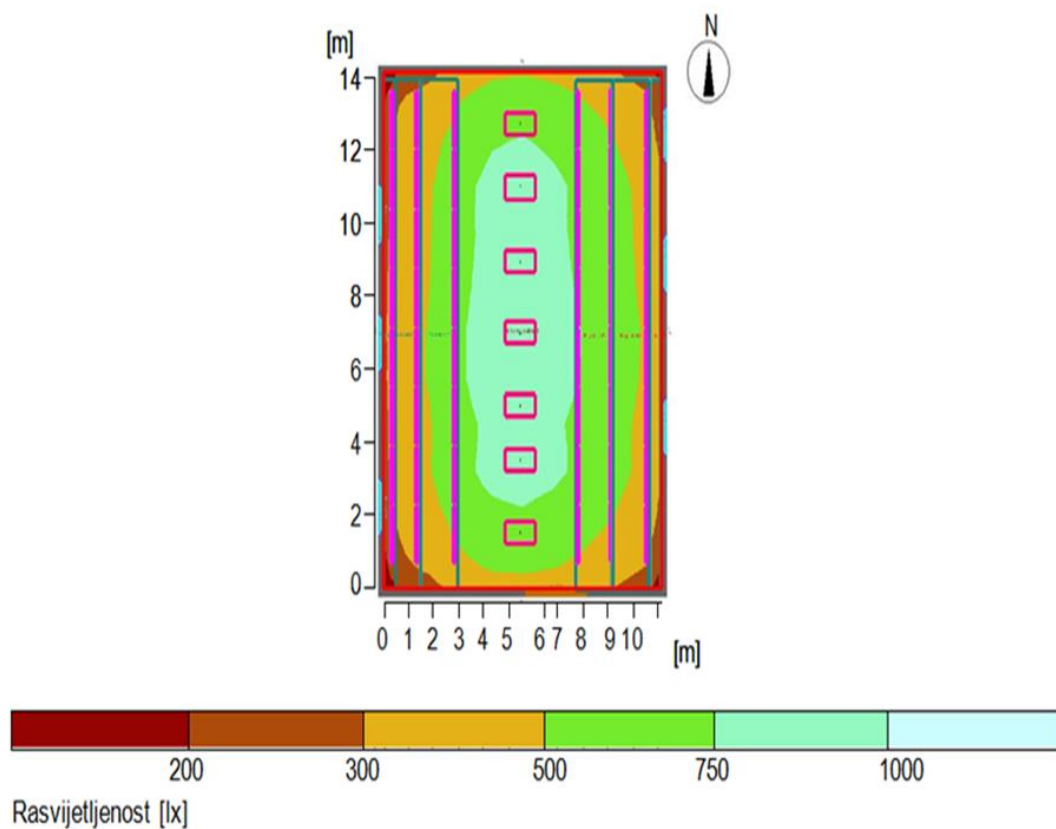
Potrebni ulazni podaci kako bi se izradio svjetlo-tehnički proračun za prostorije jesu:

- lokacija zgrade,
- dimenzije prostorija,
- namjena prostorija.

Svjetlo-tehnički proračun proveden je upotrebom rasvjetnih tijela: fluorescentne cijevi (TL5) FLUO. Pri odabiru rasvjetnih tijela i samih izvora svjetlosti zadovoljeni su parametri rasvjete propisani normom HRN EN 12464-1:2008.

U ovom poglavlju kao primjeri prikazani su: ured dekana, velika predavaonice te sala za sastanke.

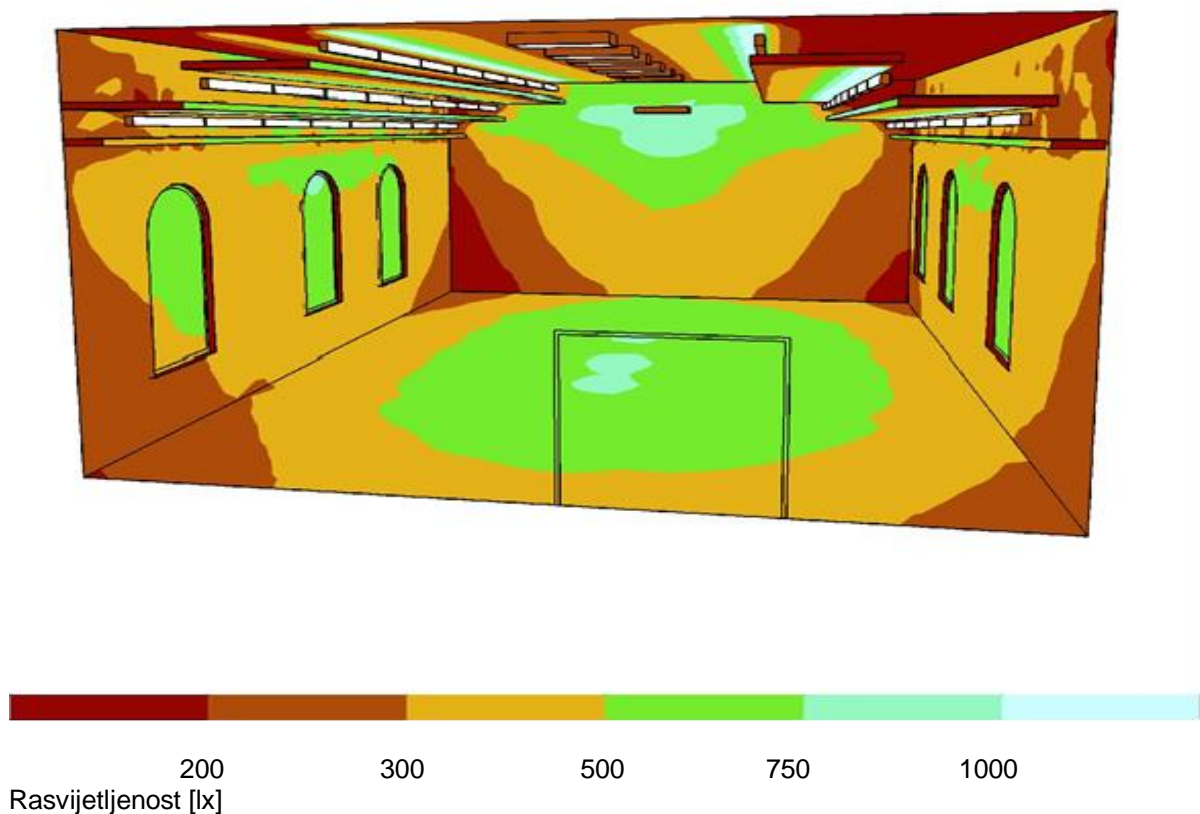
#### 4.5.1 Velika predavaona



Slika 15 Tlocrt prostorije sa prikazom jačine rasvijetljenosti (izradio: autor)

Tablica 10 Rasvjeta korištena u modeliranju prostorije (izradio: autor)

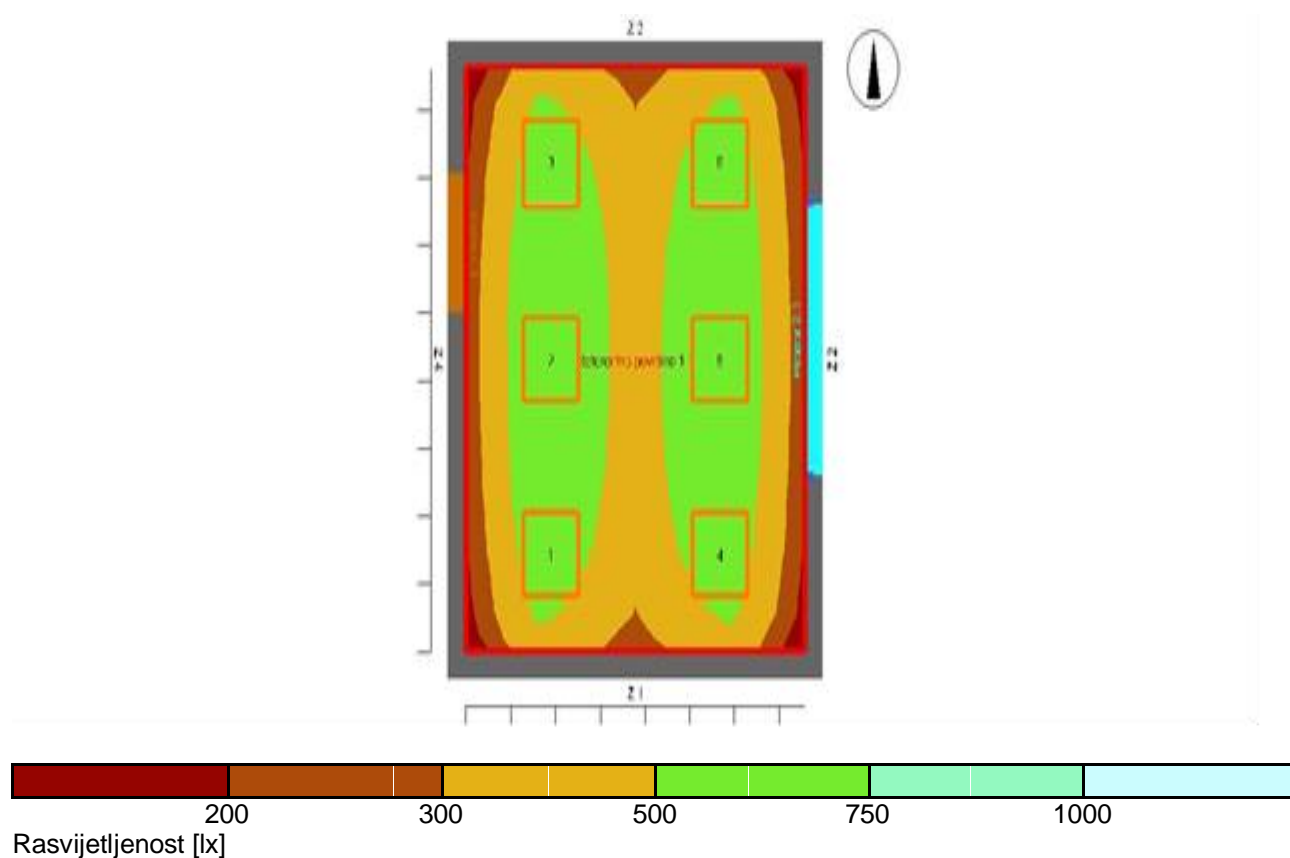
Vrsta rasvjete	Rasvjetno tijelo	Količina	Rasvijetljenost (lx)		
Fluorescentna cijev	OSRAM T5 FQ 49W/840 IND	48	Sred.	Max.	Min.
Fluorescentna cijev	OSRAM T5 FQ 28W/840 IND	7	592	897	266



**Slika 16 3D model prostorije sa prikazom rasvjetljenosti (izradio: autor)**

Model predavaonice prikazan je slikom 16 koja ujedno daje i razine osvjetljenosti u prostoriji. Tablica 10 pruža informacije o vrstama rasvjete korištenih u analizi kao i broj potrebnih rasvjetnih tijela.

#### 4.5.2 Ured dekana

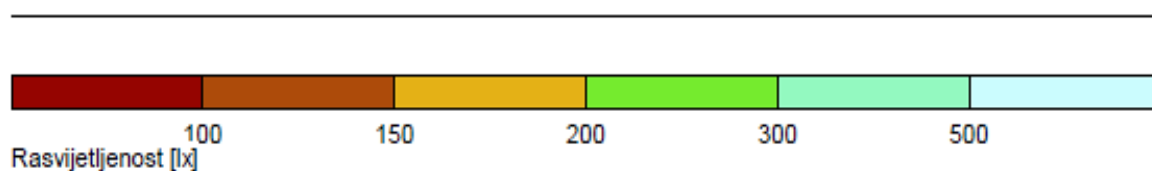
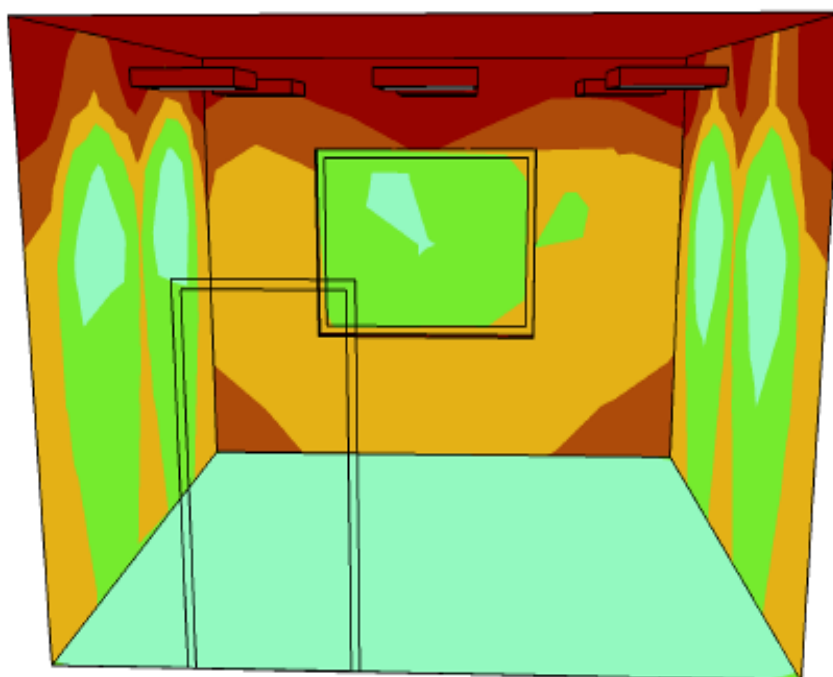


Slika 17 Tlocrt prostorije sa prikazom jačine rasvjetljenosti (izradio: autor)

Tablica 11 Rasvjeta korištena u modeliranju prostorije (izradio: autor)

Vrsta rasvjete	Rasvjetno tijelo	Količina	Rasvjetljenost (lx)		
<b>Fluorescentna cijev</b>	OSRAM HO T5 24 W/840	6	Sred.	Max.	Min.
			483	897	272

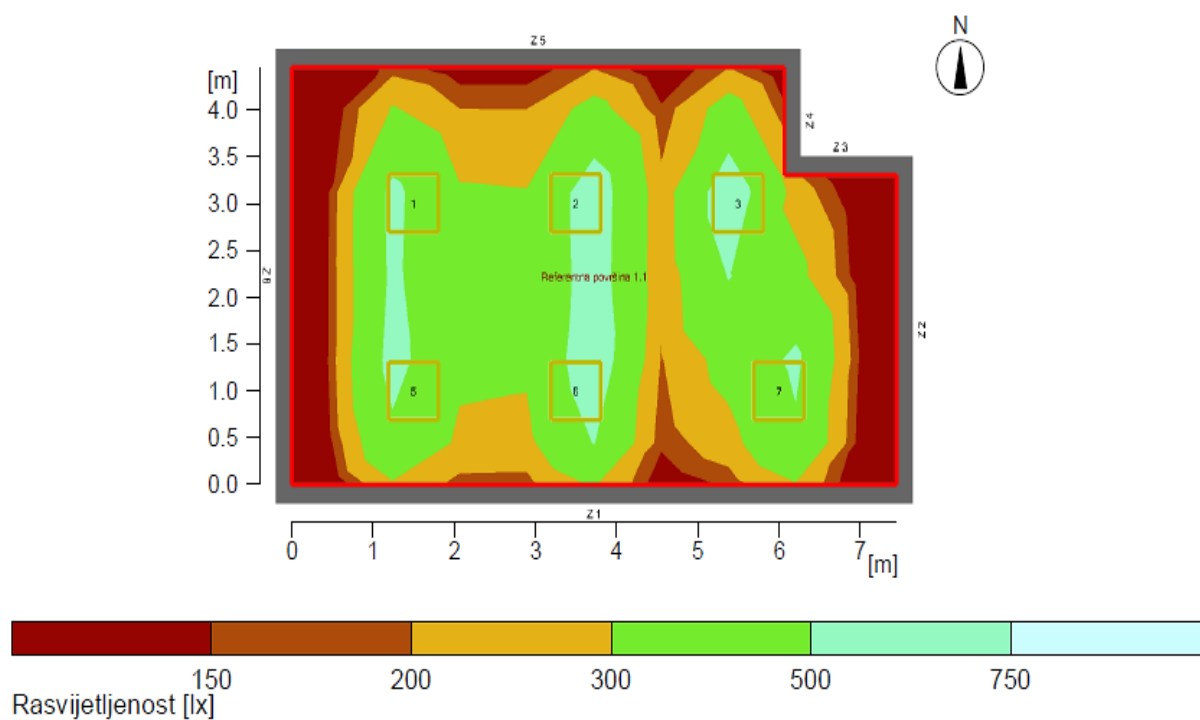
Tablica 11 pruža informacije o vrstama rasvjete korištenih u analizi kao i broj potrebnih rasvjetnih tijela.



**Slika 18 3D model prostorije sa prikazom rasvjetljenosti (izradio: autor)**

Model ureda dekana prikazan je slikom 18 koja ujedno daje i razine osvjetljenosti u prostoriji.

### 4.5.3 Sala za sastanke

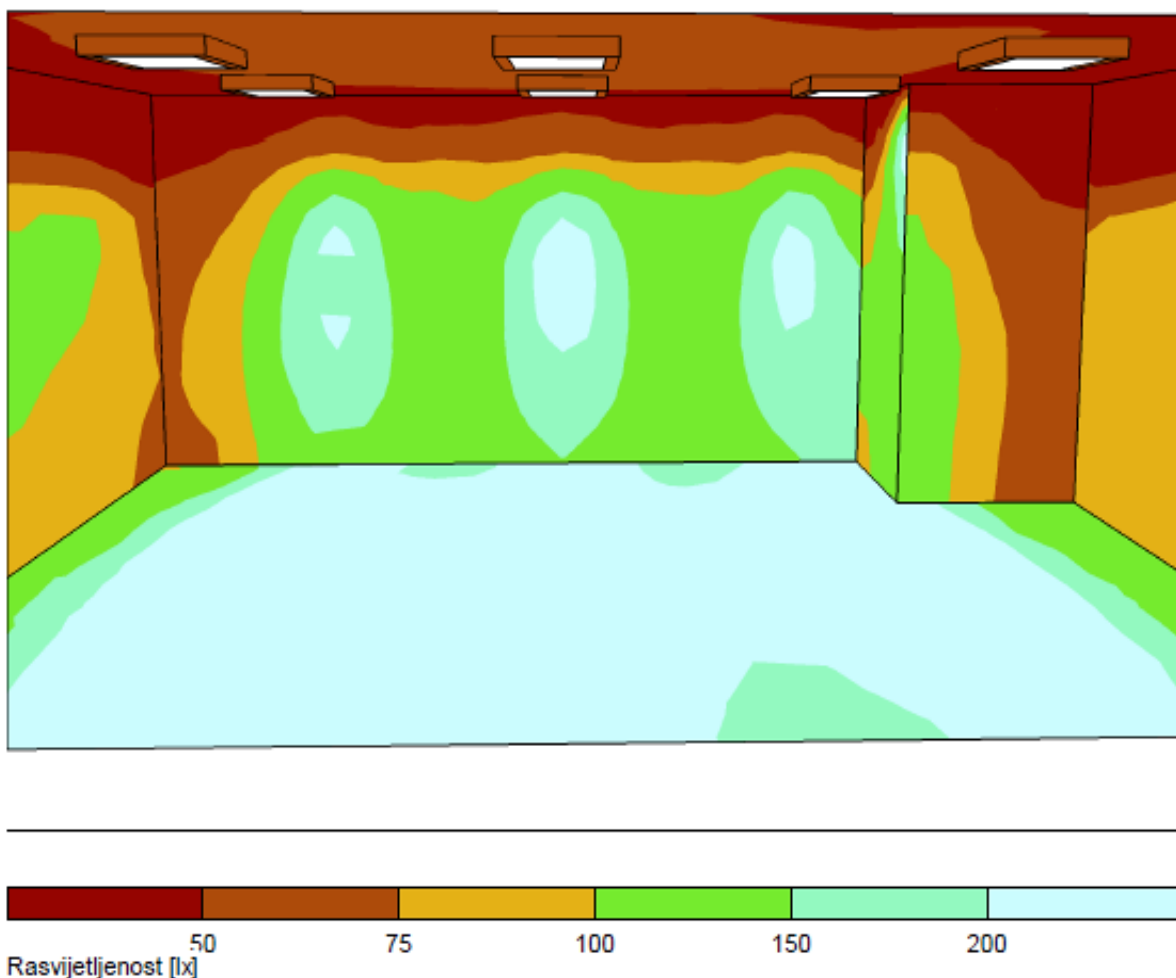


Slika 19 Tlocrt prostorije sa prikazom jačine rasvjetljenosti (izradio: autor)

Tablica 12 Rasvjeta korištena u modeliranju prostorije (izradio: autor)

Vrsta rasvjete	Rasvjetno tijelo	Količina	Rasvjetljenost (lx)		
Fluorescentna cijev	OSRAM HO T5 24 W/840	6	Sred.	Max.	Min.
			317	627	86

Tablica 12 pruža informacije o vrstama rasvjete korištenih u analizi kao i broj potrebnih rasvjetnih tijela.



Slika 20 3D model prostorije sa prikazom rasvjetljenosti (izradio: autor)

Model sale za sastanke prikazan je slikom 20 koja ujedno daje i razine osvjetljenosti u prostoriji.



## 5 TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Investicijski troškovi su troškovi neophodni za uspostavu cjelovitog novog ili moderniziranog svjetlo-tehničkog rješenja. Oni uključuju troškove:

- demontaža postojećih rasvjetnih tijela,
- odvoz i zbrinjavanje elektronskog otpada,
- isporuka i montaža rasvjetnih tijela,
- pet godina jamstva,
- jednokratna izmjena cjelokupne količine instaliranih izvora svjetlosti.

### 5.1.1 Investicija rasvjete zgrade

Cijena investicije rasvjete zgrade Politehnike Pula s različitom tehnologijom rasvjete prikazana je tablicom 13. Pri odabiru rasvjete ispunjeni su uvjeti svjetlo-tehničkog proračuna.

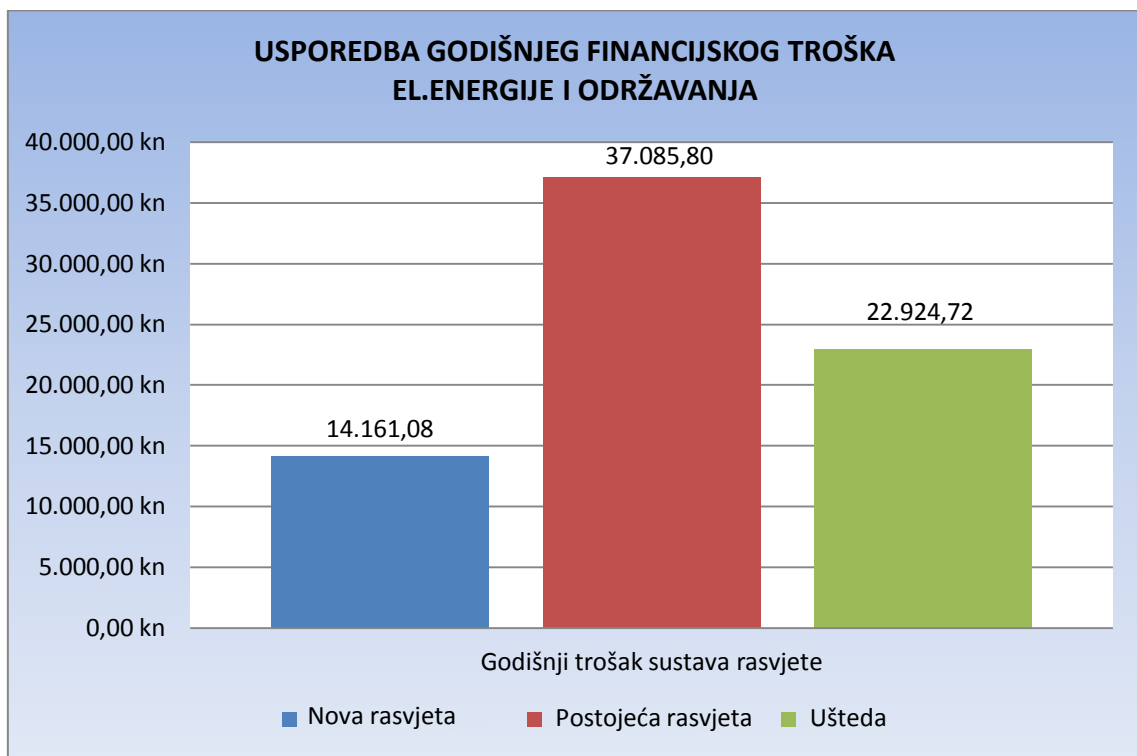
Tablica 13 Cijena investicije (izradio: autor)

NOVA RASVJETA		
Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Trošak investicije
B 428	11	40.275,00 kn
KU 214	45	22.440,00 kn
KL 128	9	9.450,00 kn
KL 228	8	9.040,00 kn
G 149	48	4.800,00 kn
<b>UKUPNO:</b>	<b>121</b>	<b>86.005,00 kn</b>

U sljedećoj tablici vidljiva je usporedba godišnjeg troška sustava rasvjete te ostvariva ušteda u iznosu od 22.924,72 kn.

Tablica 14 Usporedba godišnjeg troška sustava rasvjete (izradio: autor)

Godišnji trošak sustava rasvjete		
Postojeća rasvjeta	Nova rasvjeta	Ušteda
37.085,796 kn	14.161,080 kn	22.924,72 kn



**Grafikon 9 Usporedba godišnjeg financijskog troška (izradio: autor)**

**Tablica 15 Financijska analiza i prikaz povrata investicije (izradio: autor)**

Financijska analiza		
	Tečaj 1 Euro=	7,627133 kn
	Postojeća rasvjeta	Nova rasvjeta
Ukupna godišnja potreba za energijom [kWh/god]	29.574,000	12.422,000
Trošak el. energije [cijena/kWh]	1,140 kn	1,140 kn
	0,149 €	0,149 €
Ukupan godišnji trošak	33.714,36 kn	14.161,08 kn
	4.420,32 €	1.856,67 €
Godišnji trošak održavanja	3.371,44 kn	0,00 kn
	442,03 €	0,00 €
Ukupan godišnji trošak	37.085,80 kn	14.161,08 kn
	4.862,35 €	1.856,67 €
Godišnja ušteda	22.924,72 kn	
	3.005,68 €	
	61,82%	

Povrat investicije		
Cijena	86.005,00 kn	11.276,19 €
Povrat investicije ROI [god]	3,75	

## 6 MOGUĆNOSTI FINANCIRANJA

ESCo model predstavlja inteligentna energetska rješenja i u svijetu je prepoznatljiv kao naziv za poduzeće koje planira, izvodi i financira projekte iz područja energetske učinkovitosti. Prema direktivi Europskog parlamenta i vijeća 2006/32/EZ o energetske učinkovitosti krajnje primjene i energetskim uslugama, ESCo (Energy Service Company) je fizička ili pravna osoba koja pruža energetske usluge i/ili druge mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti (primjerice smanjenje korištenja fosilnih goriva, ublažavanje emisije CO<sub>2</sub> i drugih stakleničkih plinova) u objektu ili prostorima korisnika, a do određene mjere preuzima i financijski rizik.

Projekti se financiraju iz ostvarenih ušteda najčešće kroz vremensko razdoblje od 4 do 8 godina ovisno o klijentu i projektu, a ostvarene uštede sadržane su u troškovima za energente i održavanje. Područje poslovanja ovakvog tipa poduzeća može se podijeliti na privatni i javni sektor odnosno na područje zgradarstva (škole, vrtići, uredi, sveučilišta, bolnice, hoteli i dr.), javne rasvjete, industrije i sustava opskrbe energijom (daljinsko grijanje, kogeneracija). Uz navedeno, ESCo projekt može uključivati domaće poduzetništvo, inženjerska i konzultantska društva, proizvođače opreme, banke i druge poslovne subjekte.

Cilj ESCo modela je osigurati klijentu niže troškove za energiju i održavanje ugradnjom nove opreme i optimiziranjem energetskih sustava. Osnovni uvjet ESCo projekta je veća postojeća potrošnja energije, zbog čega se ESCo projekti izvode na postojećim objektima (rekonstrukcija, sanacija, zamjena ili modernizacija) što omogućava uspoređivanje sadašnje i buduće potrošnje energije.

Investicija u ESCo projekt razlikuje se od svake druge klasične investicije po potrebnim sredstvima za investiranje koja se već nalaze u postojećem budžetu poduzeća (stavka troškovi energenata, električne energije i vode), pronalasku izvora financiranja koje zahtjeva svaka klasična investicija i po tome što se nakon perioda povrata investicije ostvaruju određena financijska sredstva raspoloživa za investiranje u glavno poslovanje tzv. "core business". Potencijal tržišta za projekte iz domene energetske učinkovitosti u Hrvatskoj i svijetu je u stalnom porastu.

ESCo projekti korisni su za povećanje konkurentnosti poslovanja poduzeća, doprinose zaštiti okoliša i promoviraju održivi razvoj. Obzirom se cijene energenata povećavaju i postaju sve veći teret u redovnom poslovanju poduzeća, a stara i

energetski neučinkovita oprema podložna je čestim kvarovima i izaziva probleme u poslovnim aktivnostima, energetske uštede mogu iznositi i više od 50% uz istovremenu modernizaciju.

Dva su osnovna tipa ESCO ugovora:

- ugovor o jamstvu ušteda
- ugovor o podjeli ušteda.

## **6.1 Ugovor o energetskom učinku**

Ugovor o energetskom učinku je ugovorni sporazum između korisnika i pružatelja energetskih usluga verificiran i praćen tijekom cijelog svog trajanja pri čemu se investicija u radove, opremu i usluge za provedbu mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti obuhvaćenih energetskom uslugom otplaćuje prema ugovorenom stupnju poboljšanja energetske učinkovitosti uz normalizaciju prema referentnim uvjetima<sup>4</sup>.

Ključni faktor koji karakterizira sve ugovore o energetskom učinku je da određeni dio prihoda, ili čak cjelokupni ESCo prihod od projekta, ovisi o uspješnosti izvedenog projekta energetske učinkovitosti.

Tri su osnovna tipa ugovora o energetskom učinku:

- ugovor s garantiranim uštedama,
- ugovor s dijeljenim uštedama i
- tzv. "chauffage" ugovor.

---

<sup>4</sup> Izvor: Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08, 55/12).

### **6.1.1 Ugovor s garantiranim uštedama**

Kod ovog tipa ugovora ESCo nudi klijentu implementaciju projekta energetske učinkovitosti s ugovorenom garancijom ušteda za vrijeme trajanja ugovora.

U slučaju da su uštede manje od ugovorenih, ESCo plaća klijentu razliku između ugovorenih i ostvarenih ušteda za cjelokupno razdoblje trajanja ugovora.

Klijent je vlasnik ugovorene opreme, a ESCo se naplaćuje dijelom temeljem obavljene usluge, a dijelom iz ušteda, ukoliko su one veće od garantiranih ušteda. Po završetku ugovorenog razdoblja, sve ostvarene uštede ostaju klijentu.

ESCo snosi rizik ostvarenja ušteda (performance risk) što zahtijeva opsežne aktivnosti u pripremnoj fazi projekta (energetski pregled, utvrđivanje osnovne krivulje energetske potrošnje – energy baseline, izrada investicijske studije).

### **6.1.2 Ugovor s dijeljenim uštedama**

Kod ovog tipa ugovora ESCo se naplaćuje isključivo temeljem udjela u ostvarenim uštedama. Udio u ostvarenim uštedama se ugovara između ESCo i klijenta i značajno ovisi o tome u kojoj mjeri ESCo sudjeluje u financiranju projekta. Ako ESCo financira projekt energetske učinkovitosti u cijelosti, tada uobičajeno sudjeluje najvećim dijelom u ostvarenim uštedama (do 90%).

Kada ESCo financira isključivo troškove svog učešća u projektu (ESCo inženjering), tada manjim dijelom sudjeluje u raspodjeli iznosa ostvarenih ušteda. Ugovor ima vremensko trajanje nakon kojeg uštede pripadaju klijentu.

### **6.1.3 Chauffage ugovor**

Kod ovog tipa ugovora ESCo je uobičajeno odgovoran za sve aspekte razvoja, pripreme i izvedbe projekta, kao i cjelokupno financiranja projekta energetske učinkovitosti.

ESCo se naplaćuje od klijenta temeljem ugovorene cijene za isporučenu energiju u ugovorenom razdoblju.

Trajanje ugovora je uobičajeno značajno duže kod ovog tipa ugovora u odnosu na ugovore s garantiranim i dijeljenim uštedama.

Nakon ugovorenog razdoblja, imovina najčešće prelazi u ruke klijenta bez naknade.

## 6.2 ESCo u praksi

U praksi je uobičajeno sklapanje Ugovora o energetske učinku odnosno ugovornog dogovora između korisnika i pružatelja usluge (ESCo) o mjerama za poboljšanje energetske učinkovitosti. Plaćanje usluga (u cijelosti ili djelomično) temelji se na ugovorno određenim i postignutim poboljšanjima energetske učinkovitosti i ispunjenju drugih dogovorenih kriterija vezano uz ostvarena postignuća. Ugovorni dogovor može uključivati i treću stranu koja osigurava kapital za provođenje mjera i korisniku zaračunava pristojbu koja odgovara dijelu uštede energije postignute pomoću dogovorenih mjera (treća strana može, ali i ne mora biti ESCo).



Slika 21 Tijek ESCo projekta (izradio: autor)

## 7 ZAKLJUČAK

Temeljem obrađene teme došlo se do saznanja kako postojeće stanje rasvjete na Politehnici Pula ne zadovoljava ergonomske uvjete korisnika, kako zaposlenika tako i studenata. Osim navedenih nedostataka, neadekvatna rasvjeta doprinosi i povećanim financijskim izdacima.

Izradom tehno-ekonomske analize, te usporedbom postojećeg stanja rasvjete s modernijom tehnologijom fluorescentne rasvjete, prikazana je mogućnost uštede električne energije.

Gledajući s ekološkog aspekta nije nebitno spomenuti kako zamjena postojeće rasvjete uvelike smanjuje ispuštanje štetnih emisija CO<sub>2</sub>.

U radu je napravljen svjetlo-tehnički proračun rasvjete prostorija Politehnike Pula, gdje ekonomska ušteda nije opcija već imperativ, kao i poboljšanje ergonomskih uvjeta. Iznalaženje optimalnog tehničkog rješenja rasvjete koje zadovoljava svjetlo-tehničke uvjete prema normi HRN EN 12464-1:2008 napravljeno je upotrebom programskog alata Relux.

Jedno od mogućih rješenja modernizacije postojeće rasvjete je i financiranje investicije putem ESCo modela. ESCo model financiranja omogućava otplatu investicije putem ostvarene uštede potrošnje električne energije.

Financiranjem investicije zamjene postojeće rasvjete odnosno njenom modernizacijom, postigla bi se:

- propisana rasvijetljenost prema normi HRN EN 12464-1:2008,
- smanjenje ispuštanja štetnih emisija CO<sub>2</sub> u atmosferu za 6,45 tona godišnje,
- godišnja ušteda instalirane snage za 8,57 kW,
- godišnja financijska ušteda od preko 22.900,00 kn,
- održavanje sustava rasvjete u razdoblju od pet godina bez troškova.

Zaključci ovog rada mogu poslužiti kao referentna odrednica prilikom donošenja odluka u procesu održavanja sustava rasvjete kao i pri realizaciji potencijalnih mjera energetske učinkovitosti na postojećim sustavima rasvjete.

## 8 LITERATURA

1. Tomić Boris : Električna rasvjeta, Školska knjiga, Zagreb, 1985.g.
2. Pavković Branimir ; Zanki Vlasta: Priručnik za energetske certificiranje zgrada - dio 1, Program ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP, Zagreb, 2010.g.
3. [http://www.fer.unizg.hr/download/repository/Er\\_5%5b1%5d.pdf](http://www.fer.unizg.hr/download/repository/Er_5%5b1%5d.pdf)
4. [http://www.schedra.hr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=54&lang=hr](http://www.schedra.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=54&lang=hr)



## PRILOZI

### Prilog A

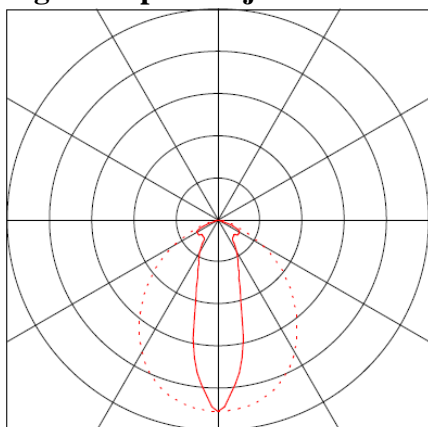
#### Schedra KU 224 – tehnički list

Technical Specification/ Tehničke karakteristike	
Luminous / Svjetlosni tok	3500 lm
Power / Snaga	49 W
Weight / Težina	5,2 kg
Length / Dužina	615 mm
Width / Širina	615 mm
Height / Visina	95 mm



Additional Information/ Dodatne karakteristike	
Lamp color / Boja svjetiljke	827, 830, 840, 865
Voltage / Napon	220V – 230V AC
Frequency / Frekvencija	50 - 60Hz
Wattage / Snaga (max)	49 W
Luminous / Svjetlosni tok	98,4 %
Operating temperature / Radna temperatura	- 20°C +50
Lamp type / Tip rasvjetnog tijela	OSRAM HO T5 24 W/840
Reflector / Reflektor	High purity mirror / Visoka refleksija rastera
Warranties/ Garancija	5 years / 5 godina
Installation height / Visina postavljanja	Typically 2 m up to 7 m / Od 2m do 7 m

#### Light Output / Svjetlosni tok



## Prilog B

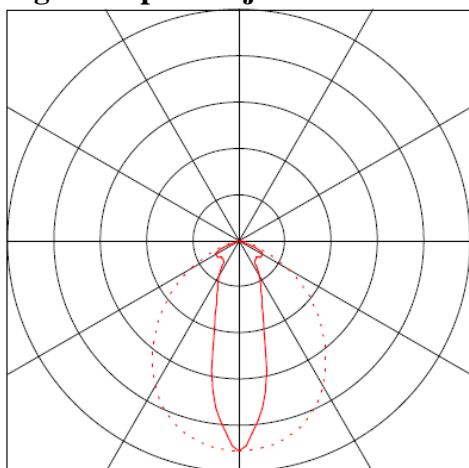
### Schedra KN 214 – tehnički list

Technical Specification/ Tehničke karakteristike	
Luminous / Svjetlosni tok	2400 lm
Power / Snaga	32 W
Weight / Težina	5,2 kg
Length / Dužina	615 mm
Width / Širina	615 mm
Height / Visina	95 mm



Additional Information/ Dodatne karakteristike	
Lamp color / Boja svjetiljke	827, 830, 840, 865
Voltage / Napon	220V – 230V AC
Frequency / Frekvencija	50 - 60Hz
Wattage / Snaga (max)	32 W
Luminous / Svjetlosni tok	98,4 %
Operating temperature / Radna temperatura	- 20°C +50
Lamp type / Tip rasvjetnog tijela	OSRAM T5 FQ 14 W/840 IND
Reflector / Reflektor	High purity mirror / Visoka refleksija rastera
Warranties/ Garancija	5 years / 5 godina
Installation height / Visina postavljanja	Typically 2 m up to 7 m / Od 2m do 7 m

#### Light Output / Svjetlosni tok



## Prilog C

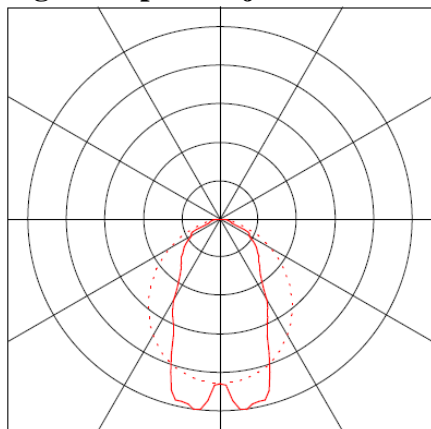
### Schedra B428 – tehnički list

Technical Specification/ Tehničke karakteristike	
Luminous / Svjetlosni tok	14 100 lm
Power / Snaga	163 W
Weight / Težina	8,5 kg
Length / Dužina	1210 mm
Width / Širina	600 mm
Height / Visina	160 mm



Additional Information/ Dodatne karakteristike	
Lamp color / Boja svjetiljke	827, 830, 840, 865
Voltage / Napon	220V – 230V AC
Frequency / Frekvencija	50 - 60Hz
Wattage / Snaga (max)	163 W
Svjetl. iskoristivost svjetiljke/Luminaire efficacy	99,1 %
Operating temperature / Radna temperatura	- 20°C +60
Lamp type / Tip rasvjetnog tijela	OSRAM T5 FQ 54W/840 IND OSRAM T5 FQ 28W/840 IND
Reflector / Reflektor	High purity mirror / Visoka refleksija rastera
Warranties/ Garancija	5 years / 5 godina
Installation height / Visina postavljanja	Typically 3m up to 15m / Od 3m do 15m

### Light Output / Svjetlosni tok



## Prilog D

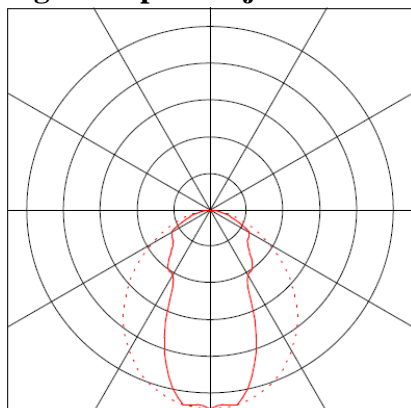
### Schedra KL 228 – tehnički list

Technical Specification/ Tehničke karakteristike	
Luminous / Svjetlosni tok	5200 lm
Power / Snaga	60 W
Weight / Težina	4,8 kg
Length / Dužina	1200 mm
Width / Širina	285 mm
Height / Visina	95 mm



Additional Information/ Dodatne karakteristike	
Lamp color / Boja svjetiljke	827, 830, 840, 865
Voltage / Napon	220V – 230V AC
Frequency / Frekvencija	50 - 60Hz
Wattage / Snaga (max)	60 W
Svjetl. iskoristivost svjetiljke/Luminaire efficacy	95,6 %
Operating temperature / Radna temperatura	- 20°C +50
Lamp type / Tip rasvjetnog tijela	OSRAM T5 FQ 28W/840 IND
Reflector / Reflektor	High purity mirror / Visoka refleksija rastera
Warranties/ Garancija	5 years / 5 godine
Installation height / Visina postavljanja	Typically 2m up to 10 m / Od 2 m do 10 m

#### Light Output / Svjetlosni tok



## Prilog E

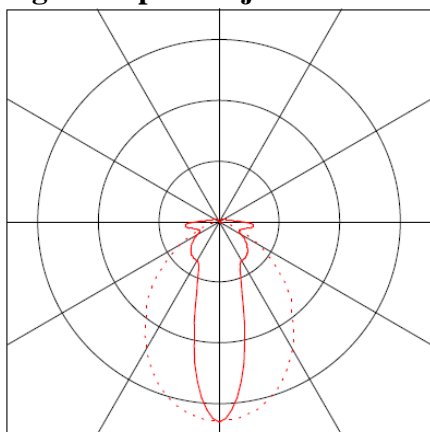
### Schedra G149 – tehnički list

Technical Specification/ Tehničke karakteristike	
Luminous / Svjetlosni tok	4 300 lm
Power / Snaga	57 W
Weight / Težina	3,7 kg
Length / Dužina	1572 mm
Width / Širina	145 mm
Height / Visina	100 mm



Additional Information/ Dodatne karakteristike	
Lamp color / Boja svjetiljke	827, 830, 840, 865
Voltage / Napon	220V – 230V AC
Frequency / Frekvencija	50 - 60Hz
Wattage / Snaga (max)	57 W
Svjetl. iskoristivost svjetiljke/Luminaire efficacy	94,2 %
Operating temperature / Radna temperatura	- 20°C +50
Lamp type / Tip rasvjetnog tijela	OSRAM T5 FQ 49W/840 IND
Reflector / Reflektor	High purity mirror / Visoka refleksija rastera
Warranties/ Garancija	5 years / 5godina
Installation height / Visina postavljanja	Typically 2m up to 7 m / Od 2 m do 7 m

#### Light Output / Svjetlosni tok



## Prilog F

### Schedra KU224 – tehnički list

Technical Specification/ Tehničke karakteristike	
Luminous / Svjetlosni tok	3500 lm
Power / Snaga	49 W
Weight / Težina	5,2 kg
Length / Dužina	615 mm
Width / Širina	615 mm
Height / Visina	95 mm



Additional Information/ Dodatne karakteristike	
Lamp color / Boja svjetiljke	827, 830, 840, 865
Voltage / Napon	220V – 230V AC
Frequency / Frekvencija	50 - 60Hz
Wattage / Snaga (max)	49 W
Luminous / Svjetlosni tok	98,4 %
Operating temperature / Radna temperatura	- 20°C +50
Lamp type / Tip rasvjetnog tijela	OSRAM HO T5 24 W/840
Reflector / Reflektor	High purity mirror / Visoka refleksija rastera
Warranties/ Garancija	5 years / 5 godina
Installation height / Visina postavljanja	Typically 2 m up to 7 m / Od 2m do 7 m

#### Light Output / Svjetlosni tok

